

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

Návrh ocelového dopravníkového mostu pre transport hlušiny

Design of a coal debris transportation steel bridge

Student:

Dávid Krišťák

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání bakalářské práce

Student: **Dávid Křišťák**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3607R037 Konstrukce staveb

Téma: **Návrh ocelového dopravníkového mostu pro transport hlušiny**
Design of a coal debris transportation steel bridge

Jazyk vypracování: slovenština

Zásady pro vypracování:

V rámci bakalářské práce:

1. Navrhněte nosnou ocelovou konstrukci dopravníkového mostu pro transport hlušiny. Při návrhu ocelové konstrukce vycházejte z podkladů dodaných společností Institut ocelových konstrukcí, spol. s r. o. Navrhovaná konstrukce (most č. 501) bude součástí pásové dopravy pro úpravu hlušiny provozovanou společností Ostravská těžební, a.s.
2. Ocelovou konstrukci navrhněte a posuďte v souladu s platnými evropskými a národními normami.
3. K navrženému konstrukčnímu řešení bočního shrnovače vypracujte potřebnou projektovou dokumentaci (přehledné výkresy ocelové konstrukce, technickou zprávu a výkaz materiálu).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ČSN EN 1990 ed.2 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. ÚNMZ, 2011 (včetně změn a oprav).
- [2] ČSN EN 1991-1-X Zatížení konstrukcí (příslušné části). Praha: ÚNMZ.
- [3] ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha, ÚNMZ, 2011.
- [4] ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků. Praha: ČNI, 2007.
- [5] ČSN EN 1998-1-1 ed. 2. Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby. ÚNMZ, 2013
- [6] www.access-steel.com.
- [7] Marek, P. a kol. Kovové konstrukce pozemních staveb, Praha: SNTL, 1985.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vít Krivý, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 02.05.2017



doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som celú bakalársku prácu vrátane príloh vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a uviedol som všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave

.....

podpis študenta

Prehlasujem:

- bol som zoznámený s tým, že na mojej bakalárskej práci sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Sb. -autorský zákon, najmä § 35 – využitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školiacich predstavení a využitie diela školského a § 60 – školské dielo.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola banská – Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB-TUO) má právo nezárobkové ku svojej vnútornej potrebe bakalársku prácu využiť (§ 35 odst. 3).
- Súhlasím s tým, že údaje o bakalárskej práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- bolo zjednané, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzavriem licenčnú zmluvu s oprávnením využiť dielo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bolo zjednané, že využiť svoje dielo – bakalársku prácu alebo poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takom prípade od mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- beriem na vedomie, že odovzdaním mojej práce súhlasím so zverejnením mojej práce podľa zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave

Anotácia bakalárskej práce

KRIŠŤAK, Dávid. *Oceľový dopravník*. Ostrava, 2017. Bakalárska práca. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 129 s. Vedúci bakalárskej práce doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.

Názov témy: Návrh oceľového dopravníkového mostu pre transport hlušiny

Autor: Dávid Křišťak

Vedúci práce: doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D.

Počet strán: 79

Témou bakalárskej práce je posúdenie nosnej oceľovej konštrukcie dopravníkového mostu pre transport hlušiny. Pri návrhu oceľovej konštrukcie sa vychádza z podkladov dodaných spoločnosťou Institut ocelových konštrukcií, spol. s r.o.. Navrhovaná konštrukcia (most č. 501) je súčasťou pasovej dopravy pre úpravu hlušiny prevádzkovanú spoločnosťou Ostravská těžební, a.s.. Oceľová konštrukcia je navrhnutá a posúdená v súlade s európskymi a českými národnými normami. K navrhnutému konštrukčnému riešeniu je vypracovaný statický posudok a potrebná projektová dokumentácia (prehľadné výkresy oceľovej konštrukcie, technická správa a výkaz materiálov).

Kľúčové slová

dopravníkový most, statický posudok, projektová dokumentácia, technická správa

The Annotation of the Bachelor's thesis

The theme of this bachelor thesis is the assessment of the supporting steel construction of the conveyor bridge for the transport of the tailings. The design of the steel construction is based on the materials supplied by the Institute of Steel Structures, s.r.o. The proposed construction (bridge No. 501) is part of the band transport for the tailings treatment operated by Ostravská těžební, a.s. The steel structure is designed and assessed in accordance with European and Czech valid standards. To designed construction solving is elaborate a static report and necessary project documentation (drawings of the steel structure, technical report and material report).

Keywords

conveyor bridge, assessment, project documentation, technical report

Obsah

Zoznam použitého značenia	10
1 Úvod.....	12
2 Zaťaženie	14
2.1 Výpis zaťaženi na konštrukciu	14
2.2 Zaťaženie stále.....	15
2.2.1 Vlastná hmotnosť dopravníka.....	15
2.2.2 Zaťaženie od obslužnej plošiny	15
2.2.3 Gravitačné napínanie	16
2.2.4 Zaťaženie od valčekov	17
2.2.5 Vybavenie dopravníka	18
2.3 Transportovaný materiál.....	19
2.4 Užité zaťaženie na plošine.....	20
2.5 Zaťaženie snehom.....	21
2.6 Zaťaženie vetrom.....	22
2.6.1 Maximálny dynamický tlak	22
2.6.2 Turbulencia vetru	23
2.6.3 Súčiniteľ sily	24
2.6.4 Súčiniteľ konštrukcie c_{sc_d}	27
2.6.5 Sily od vetru.....	30
3 Posúdenie únosnosti prvkov	31
3.1 Posúdenie ťahaných prvkov (dolný pás)	31
3.2 Posúdenie tlačných prvkov (horný pás).....	33
Posúdenie na tlak s dvojosím ohybom (horný pás)	37
3.3 Posúdenie tlaku za ohybu (kyvná stojka)	40
3.4 Posúdenie konzoly pod obslužnou plošinou.....	42

3.4.1	Posúdenie na ohyb	42
3.4.2	Posúdenie na šmyk.....	43
4	Posúdenie spojov	44
4.1	Zváraný spoj diagonála.....	44
4.2	Vybočenie steny prútu (diagonála na dolný pás).....	45
4.3	Porušenie medzi pásového prútu	45
4.4	Šmyk stojný pásu.....	46
4.5	Zváraný spoj horný pás.....	47
4.6	Zváraný spoj dolný pás.....	48
4.7	Spoj v mieste horného pásu a kývnej stojky.....	49
4.7.1	Únosnosť v strihu.....	50
4.7.2	Otlačenie plechu	50
4.8	Spoj v mieste napojenia dvoch častí kývnej stojky	52
4.8.1	Únosnosť v ťahu	52
4.8.2	Únosnosť v strihu.....	53
4.8.3	Interakcia šmyku a ťahu.....	53
4.8.4	Otlačenie skrutky	54
4.8.5	Pretlačenie hlavy skrutky.....	55
4.9	Posudok skrutiek u ťahaného dolného pásu	56
4.10	Posúdenie pätky priehradovej kývnej stojky	58
4.10.1	Posudok tlačenej pätky	58
4.10.2	Posúdenie zvaru HEB 280 k plechu P 20	60
4.10.3	Návrh šmykovej zarážky	60
4.10.4	Posúdenie na porušenie pri ťahovej sile	61
4.10.5	Porušenie súdržnosti kotviacej skrutky a betónu	62
4.10.6	Vytrhnutie skupiny skrutiek.....	63

5	Posúdenie na MSP	64
6	Technická správa.....	66
6.1	Popis konštrukcie.....	66
6.1.1	Pevná stojka podopierajúca dolnú časť mostu.....	66
6.1.2	Šikmé pole dopravníkového mostu.....	66
6.1.3	Kyvná stojka podopierajúca hornú časť mostu.....	67
6.2	Posúdenie.....	68
6.3	Statické riešenie	68
6.4	Stabilitné riešenie	68
6.5	Materiál.....	69
6.6	Zoznam použitých profilov	69
6.7	Celková hmotnosť dopravníka:	70
6.8	Cena dopravníka	71
7	Záver	72
	Podakovanie.....	73
	Zoznam obrázkov	74
	Zoznam tabuliek	76
	Zoznam použitej literatúry	77
	Zoznam príloh	79

ZOZNAM POUŽITÉHO ZNAČENIA

A	plocha prierezu [mm^2]
A_s	plocha jadra skrutky [mm^2]
A_v	plocha steny v šmyku [mm^2]
F	zaťažovacia sila [kN]
$F_{b,Rd}$	odolnosť spojovacieho materiálu v otláčení [kN]
$F_{v,Rd}$	odolnosť spojovacieho materiálu v strihu [kN]
I_y, I_z	moment zotrvačnosti prierezu k ose y a z [mm^4]
I_w	výsečový moment zotrvačnosti [mm^6]
L	rozpätie poľa [m]
L_{LT}	klopiaca dĺžka pri ohybe [m]
M_y	ohybový moment [kNm]
M_{Ed}	návrhová hodnota ohybového momentu [kNm]
M_{cr}	pružný krit. moment pri strate priečnej a torznej stability [kNm]
$M_{pl,Rd}$	návrhový plastický ohybový moment únosnosti prierezu [kNm]
N_{Ed}	návrhová hodnota osovej sily [kN]
N_{Rd}	návrhová hodnota únosnosti v ťahu [kN]
V_{Ed}	návrhová hodnota posúvajúcej sily [kN]
V_{Rd}	návrhová únosnosť vo šmyku [kN]
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$	plastický prierezový modul k osi y a z [mm^3]
W_y, W_z	pružný prierezový modul k osi y a z [mm^3]
d	priemer skrutky [mm]
d_0	priemer otvoru [mm]
f	frekvencia [Hz]

f_y	medz klzu ocele [MPa]
f_u	medza pevnosti ocele [MPa]
g	hodnota zaťaženia [kN/m], [kN/m ²]
k	konštanta tuhosti; [N/mm]
m	celková hmotnosť kmitajúcej časti lávky [kg]
t_f	hrúbka pásnice valcovaného prierezu [mm]
t_w	hrúbka stojiny valcovaného prierezu [mm]
γ_{M0}	čiastkový súčiniteľ únosnosti prierezu ľubovoľnej triedy
γ_{M2}	čiastkový súčiniteľ únosnosti prierezu
λ	štíhlosť
$\bar{\lambda}$	pomerná štíhlosť
μ_{cr}	bezrozmerný kritický moment
χ_{LT}	súčiniteľ klopenia
ω	vlastná kruhová frekvencia

Ďalšie značky sú definované pri prvom výskyte.

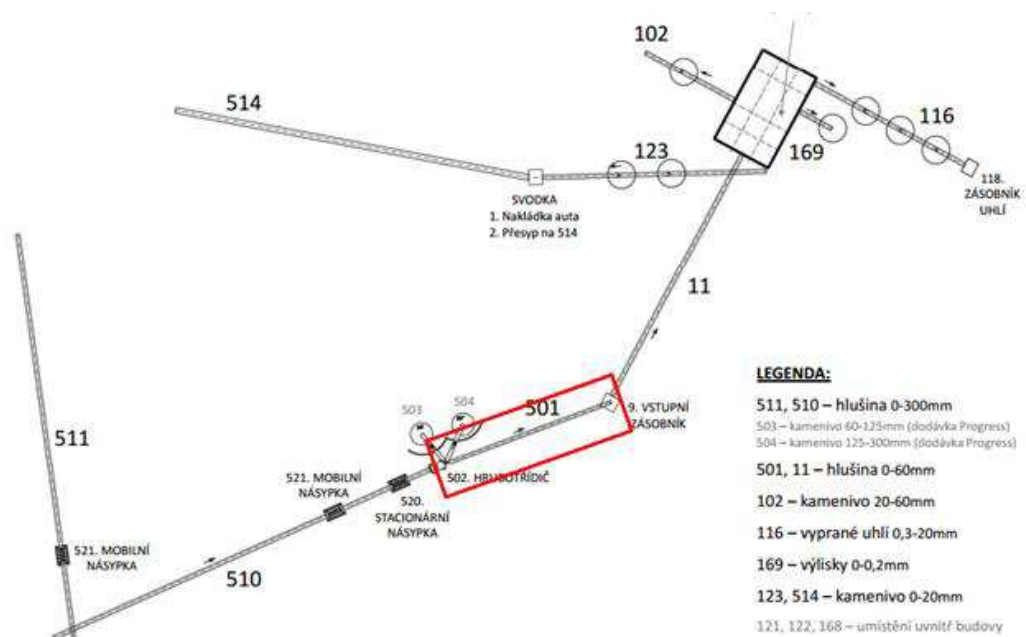
Značky v tejto práci môžu mať viac významov.

1 ÚVOD

Cieľom bakalárskej práce je prepočítanie ocelevej konštrukcie dopravníkového mostu pre transport hlušiny, ktorý bude súčasťou triediacej linky na materiál získaný ťažbou odvalu Hermanice v Ostrave. Triediaca linka je unikátna kombinácia viacerých oceľových dopravníkov. Hermanická halda je stále činná a prehorieva. Táto halda je jedna z najväčších ekologických záťaží ostravského regiónu. Posudzovaný dopravníkový most slúži k transportu hlušiny frakcie 0-60 mm. Získane kamenivo z pretriedenia sa ďalej využije napríklad pri výstavbe ciest. Uhlie, ktoré sa vyťaží je stále energeticky spracovateľné. Materiál sa triedi pomocou separátorov, ktoré využívajú vlastnosti vody. Vo vode ťažšie kamenivo padá dole a ľahšie uhlie ostáva na hladine a je ho jednoduchšie oddeliť od hlušiny. Posudzovaný dopravníkový most je rozdelený do troch funkčných celkov (šikmé pole, pevná stojka, kyvná stojka). K dopravníku je upevnená plošina, ktorá slúži na údržbu a opravy v prípade poruchy dopravníkového mostu. Konštrukcia dopravníkového mostu je navrhnutá tak, aby odolala rýchlosti vetra 25 m/s, zaťaženiu snehom 1,1 kN/m² podľa umiestnenia v lokalite Ostrava Heřmanice a hmotnosti prepravovaného materiálu o veľkosti 125 kg/m, táto hodnota bola určená podľa špecifikácie zadávateľa. U prepravovaného materiálu je počítané s dynamickými účinkami na konštrukciu. Konštrukciu som posudzoval a modeloval na základe materialov dodaných firmou Institut ocelových konstrukcí, spol. s r.o. (3Dmodel, časť technickej správy a statického posudku). [18]



Obr. 1.: Pohľad na triediacu linku Hermanice [19]



Obr. 2.: Situácia triediacej linky [18]

2 ZAŤAŽENIE

2.1 Výpis zaťaženie na konštrukciu

Predpokladané zaťaženie:

Druh zaťaženia	Pôsobenie	Špecifikácia
1. Vlastná hmotnosť	Stále	-
2. Zaťaženie od plošiny	Stále	-
3. Vybavenie dopravníka	Stále	-
4. Sneh1	Premenné	Výberové1
5. Sneh2	Premenné	Výberové1
6. Sneh3	Premenné	Výberové1
7. Vietor y+	Premenné	Výberové2
8. Vietor y-	Premenné	Výberové2
9. Vietor x+	Premenné	Výberové2
10. Vietor x-	Premenné	Výberové2
11. Prepravovaný materiál	Premenné	Výberové1
12. Gravitačné napínanie	Stále	-
13. Užité zaťaženie	Premenné	Výberové1,2

Špecifikácia u druhu zaťaženia znamená, či je možná kombinácia s iným druhom zaťaženia. Zaťaženia s rovnakou špecifikáciou nie je možné kombinovať. Užité zaťaženie nie je kombinované s iným premenným zaťažením.

2.2 Zat'azenie stále

2.2.1 Vlastná hmotnosť dopravníka

Vlastná hmotnosť dopravníka je vygenerovaná softvérom Scia Engineering 2015.

2.2.2 Zat'azenie od obslužnej plošiny

Obslužná plošina slúži k údržbe a opravám dopravníkového mostu. Upevnená je na konzoly, ktoré sú privarené zvarom k dolnému pásu šikmého poľa dopravníka. Obslužná plošina bude vybavená zábradlím, osvetlením a káblami od rozvodu elektrickej energie.

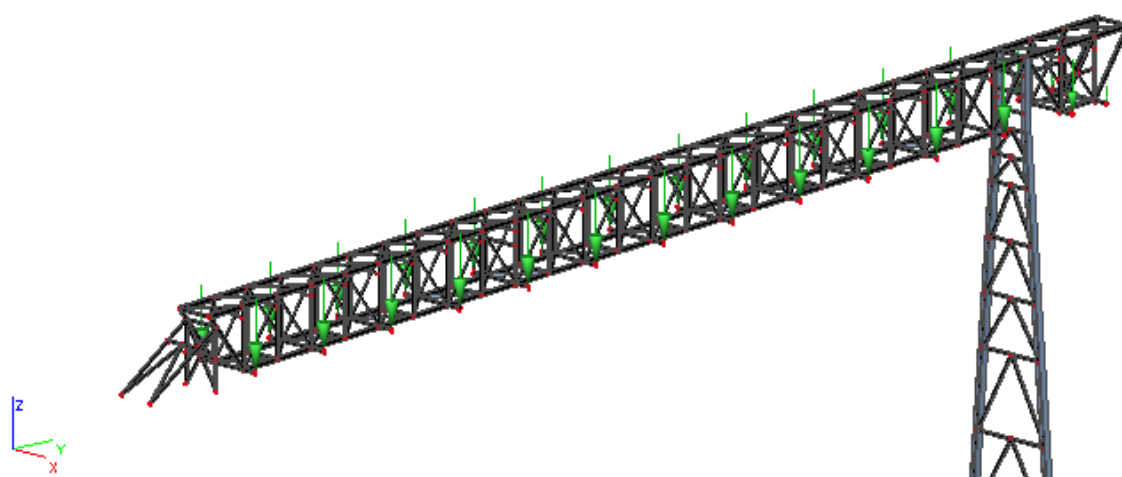
Odhad hmotnosti plošiny: $m \approx 70 \text{ kg}$ (konzervatívna hodnota, zohľadňuje aj vybavenie plošiny)

zat'azenie na prvú konzolu: $G_k = 0,7 \times 1,16\text{m} = 0,81 \text{ kN}$

zat'azenie na konzoly: $G_k = 0,7 \times 2,32\text{m} = 1,62 \text{ kN}$

zat'azenie na predposlednú konzolu: $G_k = 0,7 \times 1,74\text{m} = 1,22 \text{ kN}$

zat'azenie na poslednú konzolu: $G_k = 0,7 \times 0,58\text{m} = 0,41 \text{ kN}$



Obr. 3.: Zat'azenie od obslužnej plošiny

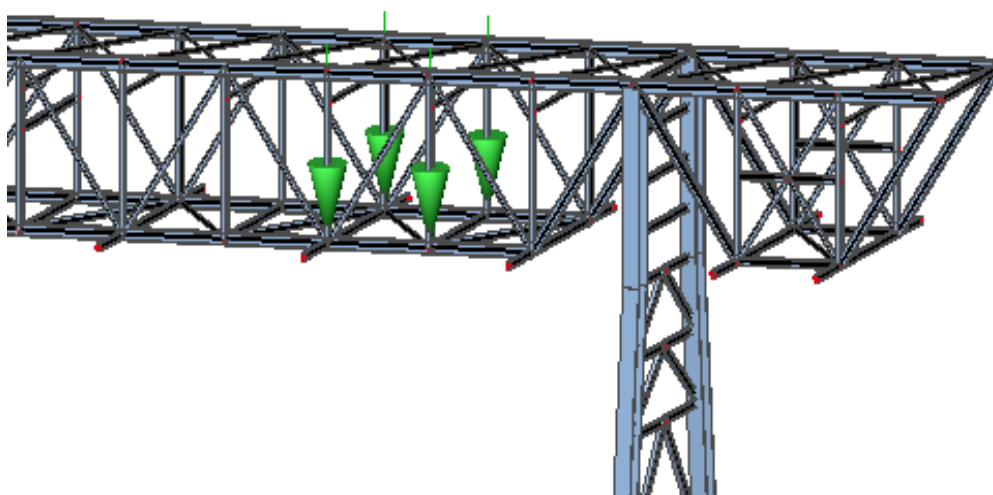
Posledná a predposledná konzola sú umiestnené za kyvnou stojkou.

2.2.3 Gravitačné napínanie

Gravitačné napínanie je dosiahnuté pomocou valcov zo závaží. Takéto riešenie zabezpečuje konštantnú veľkosť napínacej sily, bez ohľadu na predĺženie pásu spôsobené únavou materiálu. Gravitačné napínanie je vhodné pre dlhšie pásy. Podľa údajov zadávateľa nepôsobí na nosnú konštrukciu ťahové namáhanie v pozdĺžnej ose mostu od napínania pásu.

Hmotnosť gravitačného napínania: $m \approx 4500\text{kg}$

zaťaženie bude rozdelené do 4 bodov- $G_k = 45/4 = 11,25\text{ kN}$



Obr. 4.: Zaťaženie od gravitačného napínania

2.2.4 Zat'azenie od valčekov

Valčeky slúžia na podporu dopravníkového pásu a jeho plynulý pohyb. Horné valčeky sú umiestnené po 1,16 m (na každej zvislici) a sú osovo vzdialené od horného pásu vo zvislom smere 0,3 m. Dolné valčeky sú umiestnené po 2,32 m (každá druhá zvislica) a osová vzdialenosť nad dolným pásom je 0,25 m. Dynamické účinky od pohybujúceho sa pásu sú riešené prenasobením zat'azenia dynamickým súčiniteľom (dynamický súčiniteľ 1,2).

Horné valčeky:

hmotnosť valčekov: $m = 15 \text{ kg/m}$

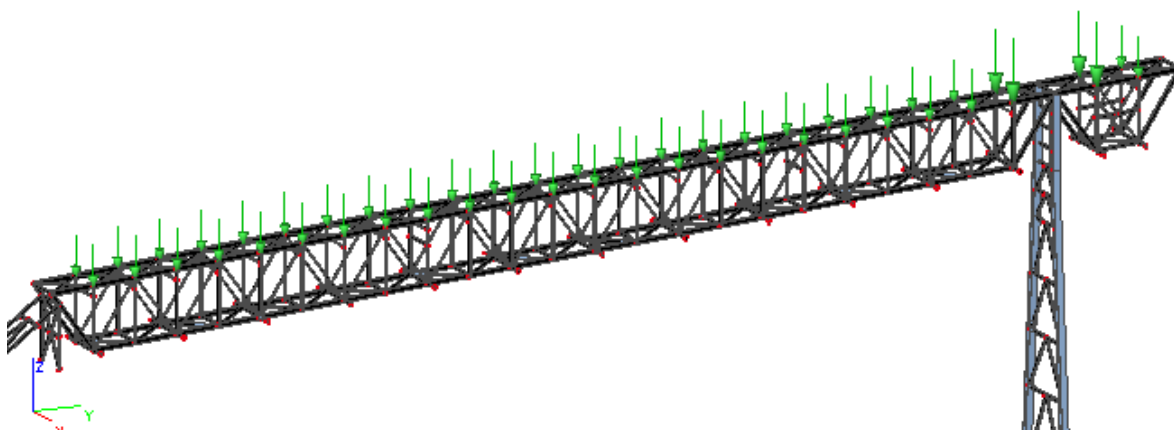
hmotnosť pásu: $m = 20 \text{ kg/m}$

hmotnosť bočných plechov: $m = 20 \text{ kg/m}$

hmotnosť kozlíkov: $m = 25 \text{ kg/m}$

Reakcia od horných valčekov do zvislice:

$$G_k = 0,5 \times (0,15 + 0,2 \times 1,2 + 0,2 + 0,25) \times 1,16 \text{ m} = 0,49 \text{ kN}$$



Obr. 5.: Zat'azenie od horných valčekov

Dolné valčeky:

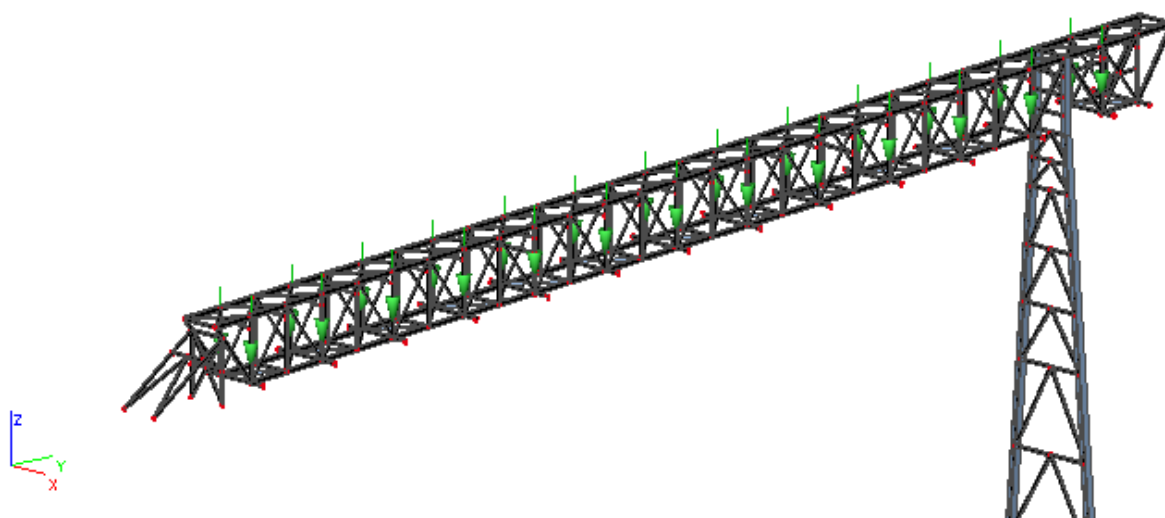
hmotnosť valčekov: $m = 15 \text{ kg/m}$

hmotnosť pásu: $m = 20 \text{ kg/m}$

hmotnosť kozlíkov: $m = 25 \text{ kg/m}$

Reakcia od dolných valčekov do zvislice:

$$G_k = 0,5 \times (0,15 + 0,2 \times 1,2 + 0,25) \times 2,32\text{m} = 0,74 \text{ kN}$$



Obr. 6.: Zaťaženie od dolných valčekov

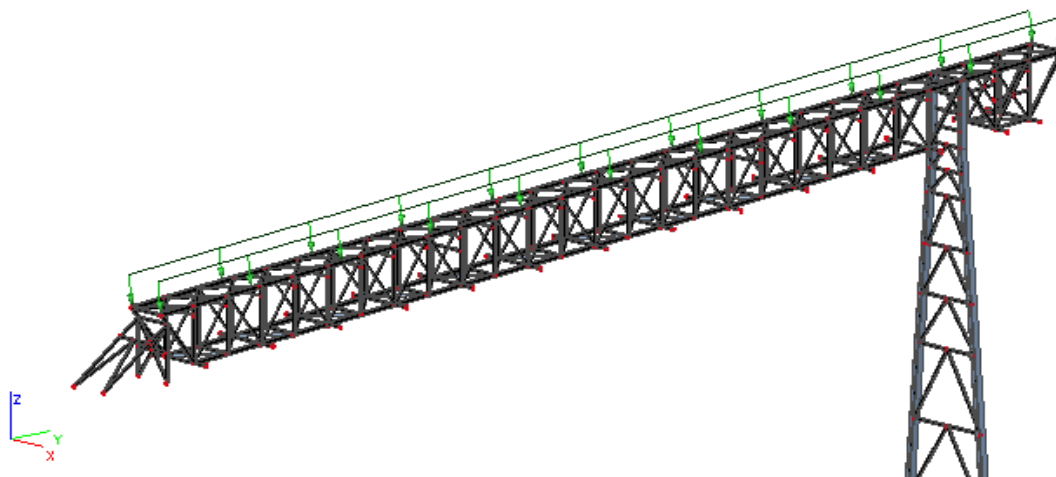
2.2.5 Vybavenie dopravníka

Na dopravníkovom moste sú umiestnené káble na rozvod elektrickej energie, kryty, násypky a rôzne drobné zaťaženia. Hmotnosti sú brané konzervatívne na stranu bezpečnú.

hmotnosť káblov: $m = 25 \text{ kg/m}$

hmotnosť ostatných zaťažení: $m = 25 \text{ kg/m}$

Zaťaženie na horné pásy: $g_k = 0,5 \times (0,25 + 0,25) = 0,25 \text{ kN/m}$



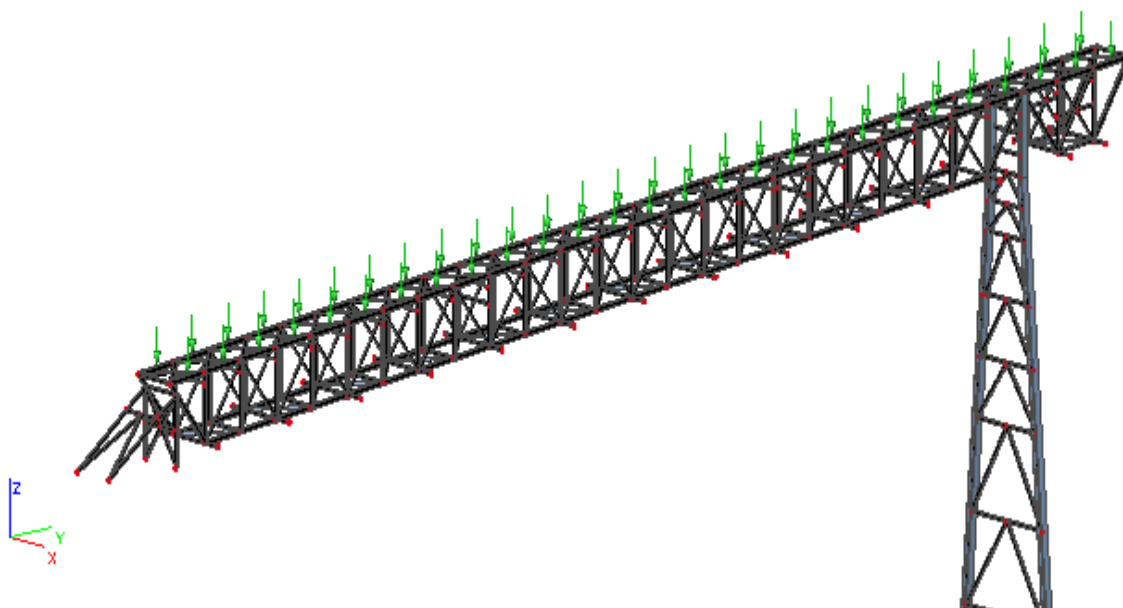
Obr. 7.: Zaťaženie od vybavenia dopravníka

2.3 Transportovaný materiál

Predpokladá sa transport haldy, ktorá vznikla pri ťažbe odvalu Heřmanice v Ostravě. Frakcia hlušiny je 0-60 mm. Pri transporte hlušiny je potrebné uväzovať s dynamickými účinkami na dopravník. Riešením je použitie dynamického súčiniteľa pri výpočte zaťaženia (dynamický súčiniteľ 1,2). Hmotnosť hlušiny je braná podľa špecifikácie zadávateľa.

hmotnosť hlušiny: $m = 125 \text{ kg/m}$

Zaťaženie na horné pasy $Q_k = 0,5 \times 1,25 \times 1,2\text{m} \times 1,16\text{m} = 0,87\text{kN}$

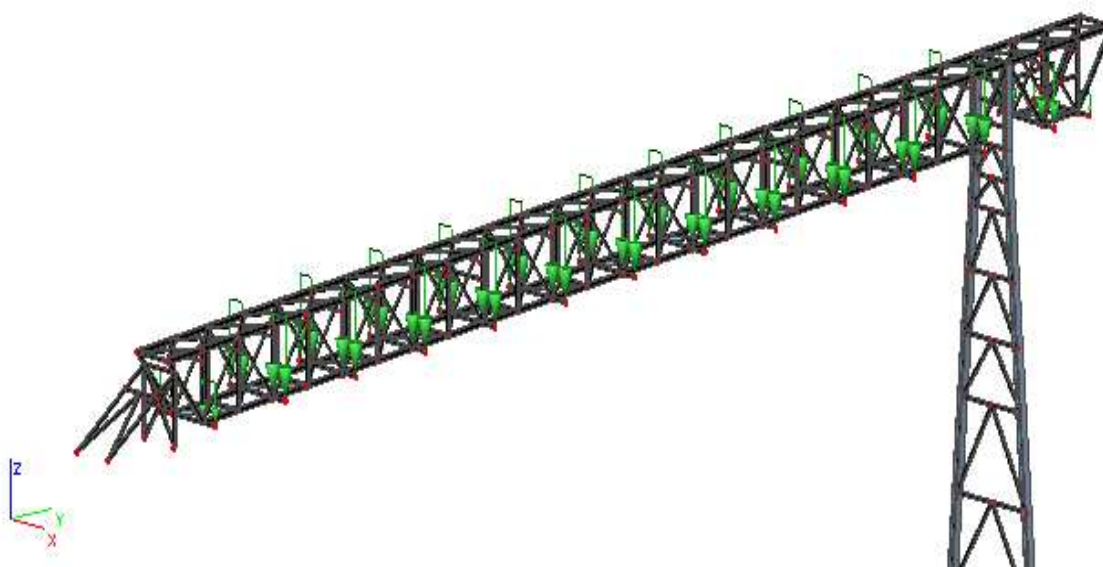


Obr. 8.: Zaťaženie od hlušiny

2.4 Užitné zaťaženie na plošine

Užitné zaťaženie je premenlivé v čase a priestore a klasifikuje sa ako premenné voľne zaťaženie. Užitné zaťaženie na plošinu je dané vzhľadom na technologické požiadavky.

Zaťaženie na plošinu:	$q_k = 2 \text{ kN/m}^2$
zaťaženie na prvú konzolu:	$q_k = 2 \times 1,16\text{m} = 2,32 \text{ kN/m}$
zaťaženie na konzoly:	$q_k = 2 \times 2,32\text{m} = 4,64 \text{ kN/m}$
zaťaženie na predposlednú konzolu:	$q_k = 2 \times 1,74\text{m} = 3,48 \text{ kN/m}$
zaťaženie na poslednú konzolu:	$q_k = 2 \times 0,58\text{m} = 1,16 \text{ kN/m}$



Obr. 9.: Užitné zaťaženie od plošiny

2.5 Zaťaženie snehom

Charakteristická hodnota zaťaženia snehom bola určená vzhľadom na umiestnenie dopravníka (Ostrava Heřmanice). Ostrava sa nachádza v II. zóne zaťaženia snehom. Charakteristická hodnota zaťaženia snehom bola zaokrúhlená na jedno desatiny miesto na stranu bezpečnú.

Charakteristická hodnota zaťaženia snehom: $s_k = 1,1 \text{ kN/m}^2$ (www.snehovamapa.cz)

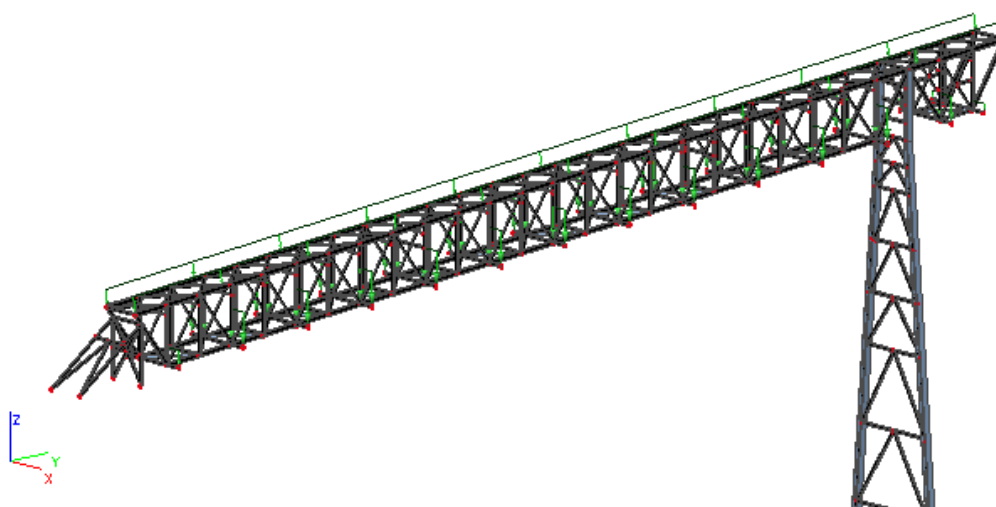
zaťaženie na horné pásy : $q_k = 1,1 \times 1,2\text{m} = 1,32 \text{ kN/m}$

zaťaženie na prvú konzolu: $q_k = 1,1 \times 1,16\text{m} = 1,28 \text{ kN/m}$

zaťaženie na konzoly: $q_k = 1,1 \times 2,32\text{m} = 2,55 \text{ kN/m}$

zaťaženie na predposlednú konzolu: $q_k = 1,1 \times 1,74\text{m} = 1,91 \text{ kN/m}$

zaťaženie na poslednú konzolu: $q_k = 1,1 \times 0,58\text{m} = 0,64 \text{ kN/m}$

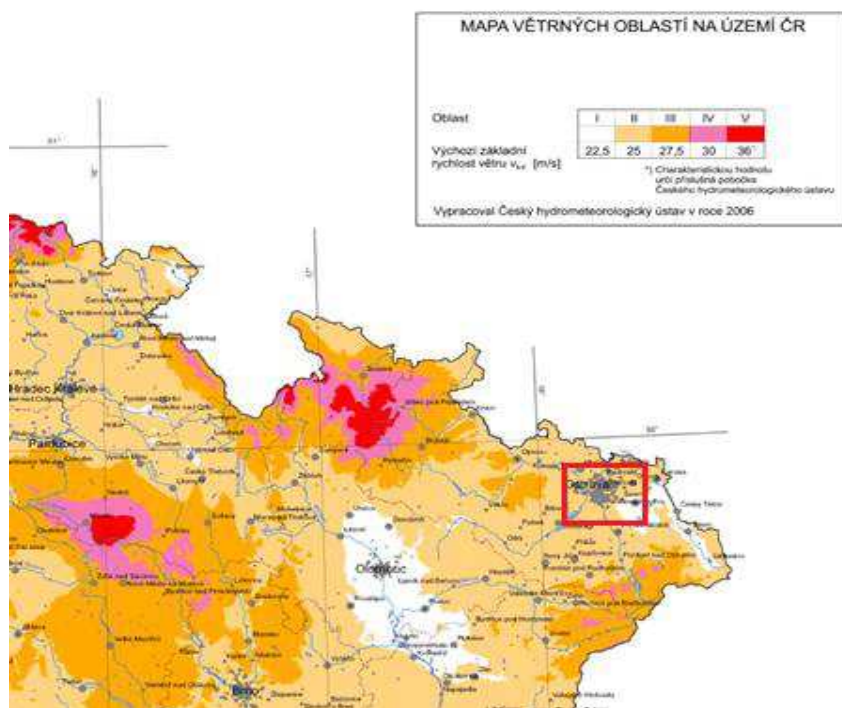


Obr. 10.: Zaťaženie snehom

Pri zaťažení snehom na výpočtový model boli vytvorené 3 zaťažovacie stavy, ktoré predstavovali rozloženie snehu na dopravníkové šikmé pole a obslužné plošiny. Zaťažovacie stavy boli zadané tak, aby vystihli čo najnepriaznivejší účinok na konštrukciu. Na obr. 11 je znázornené zaťaženie rovnomerne na šikmé pole dopravníka a obslužné plošiny.

2.6 Zat'azenie vetrom

Ostrava sa nachádza v II. veternej oblasti. Charakteristická hodnota rýchlosti vetra pre túto oblasť je 25 m/s. Veterná oblasť Ostravy je zaznačená v červenom rámečku na obr.4..



Obr. 11.: Časť veternej mapy Českej republiky

2.6.1 Maximálny dynamický tlak

Základná rýchlosť vetra: $v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 1 \times 1 \times 25 = 25 \text{ m/s}$

Výška dopravníka: $h = 17,4 \text{ m} \Rightarrow z_e = 17,4 \text{ m} \Rightarrow z = 17,4 \text{ m}$

Výška dopravníka je zvolená od zeme po najvyšší bod dopravníka.

Kategória terénu bola zvolená II.

Parameter drsnosti terénu: $z_0 = 0,05$

Maximálna výška: $z_{max} = 200 \text{ m}$

Minimálna výška: $z_{min} = 2 \text{ m}$

$$z_{min} \leq z \leq z_{max} \Rightarrow 2 \text{ m} \leq 17,4 \text{ m} \leq 200 \text{ m}$$

Podmienka je splnená súčiniteľ drsnosti sa stanoví podľa vzorca:

$$c_r(z) = k_r \times \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,19 \times \ln \left(\frac{17,4}{0,05} \right) = 1,11$$

Súčiniteľ terénu: $k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$

Súčiniteľ ortografie: $c_0 = 1$

Intenzita turbulencie pre podmienku: $z_{min} \leq z \leq z_{max}$

Súčiniteľ turbulencie: $k_l = 1$ (odporúčaná hodnota)

$$l_v(z) = \frac{k_l}{c_0 \times \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1}{1 \times \ln \left(\frac{17,4}{0,05} \right)} = 0,17$$

Charakteristická stredná rýchlosť vetra:

$$v_m = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b = 1,11 \times 1 \times 25 = 27,8 \text{ m/s}$$

Merná hmotnosť vzduchu: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

Maximálny dynamický tlak :

$$\begin{aligned} q_p(z) &= [1 + 7 \times l_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z) = (1 + 7 \times 0,17) \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 27,8^2 \\ &= 1061,2 \text{ N/m}^2 \\ q_p(z) &= 1,06 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2.6.2 Turbulencia vetru

Merítka dĺžky turbulencie $L(z)$ predstavuje priemernú veľkosť nárazu vetra v prírode. Podmienkou je, že výška z musí byť nižšia ako 200 m, čo dopravníkový most spĺňa.

Referenčná výška: $z_t = 200 \text{ m}$

Referenčne merítka dĺžky: $L_t = 300 \text{ m}$

Súčiniteľ α :

$$\alpha = 0,76 + 0,05 \times \ln(z_0) = 0,76 + 0,05 \times \ln(0,05) = 0,61$$

Dĺžka turbulencie:

$$L_z = L_t \times \left(\frac{z}{z_t}\right)^\alpha = 300 \times \left(\frac{17,4}{200}\right)^{0,61} = 67,64 \text{ m}$$

Vlastná frekvencia dopravníka: $n = 2,4 \text{ Hz}$

Na určenie vlastnej frekvencie dopravníkového mostu, bola použitá modálna analýza konštrukcie v programe Scia Engineering 2015.

Bezrozmerná frekvencia:

$$f_L = \frac{n \times L_z}{v_m} = \frac{2,4 \times 67,64}{27,8} = 5,84$$

Závislosť energie vetra na frekvencií je vyjadrená bezrozmernou výkonnou spektrálnou hustotou:

$$S_L = \frac{6,8 \times f_L}{(1 + 10,2 \times f_L)^{\frac{5}{3}}} = \frac{6,8 \times 5,84}{(1 + 10,2 \times 5,84)^{\frac{5}{3}}} = 0,04$$

2.6.3 Súčiniteľ sily

Súčiniteľ sily pre priehradové konštrukcie:

$$c_f = c_{f,0} + \Psi_\lambda$$

$c_{f,0}$ je súčiniteľ sily pre priehradové konštrukcie a lešenia bez vplyvov prúdenia okolo voľných koncov.

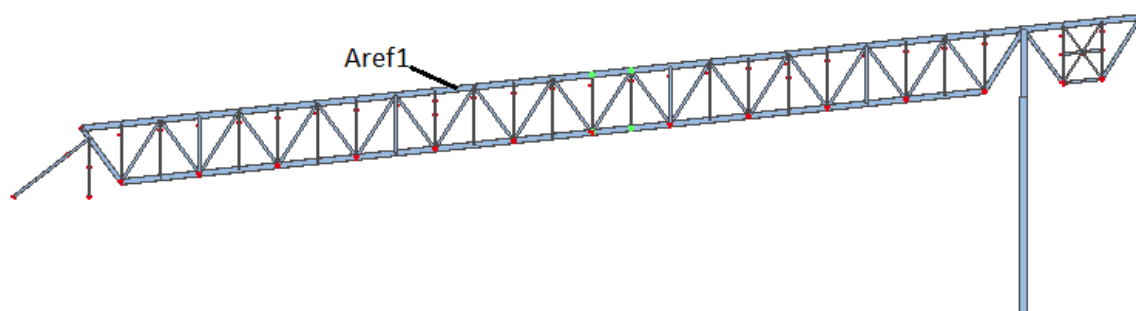
Ψ_λ je súčiniteľ koncového efektu, ako funkcia štíhlosti konštrukcie λ .

Referenčná plocha:

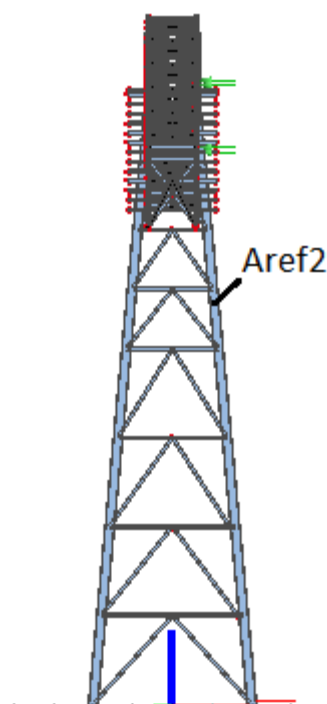
$$A_{ref,1} = 17,52 \text{ m}^2 \quad (\text{referenčná plocha šikmého poľa dopravníka})$$

$$A_{ref,2} = 14 \text{ m}^2 \quad (\text{referenčná plocha kyvnej stojky})$$

Referenčná plocha je súčet priemetov plôch prútov a styčnickových plechov do čelnej plochy.



Obr. 12.: Vyznačenie referenčnej plochy šikmého poľa



Obr. 13.: Vyznačenie referenčnej plochy kyvnej stojky

Plocha ohraničujúca okraj čelnej plochy:

$$A_{c1} = 53,21 \, m^2 \quad (\text{plocha šikmého poľa kolmo k pôsobení vetra})$$

$$A_{c2} = 46,02 \, m^2 \quad (\text{plocha kyvnej stojky kolmo k pôsobeniu vetra})$$

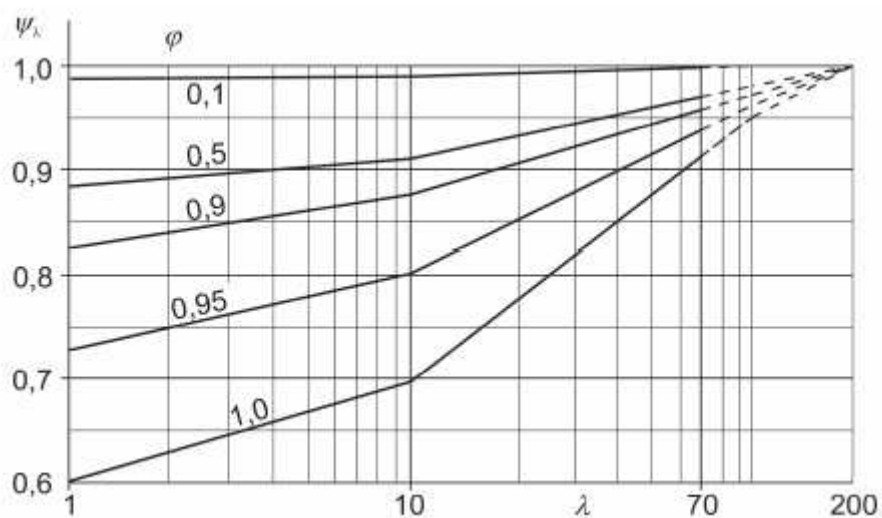
Súčiniteľ plnosti:

$$\varphi_1 = \frac{A_{ref1}}{A_{c1}} = \frac{17,52}{53,21} = 0,33$$

$$\varphi_1 = \frac{A_{ref2}}{A_{c2}} = \frac{14}{46,02} = 0,3$$

Štíhlosť:

$$\lambda = 35,68$$

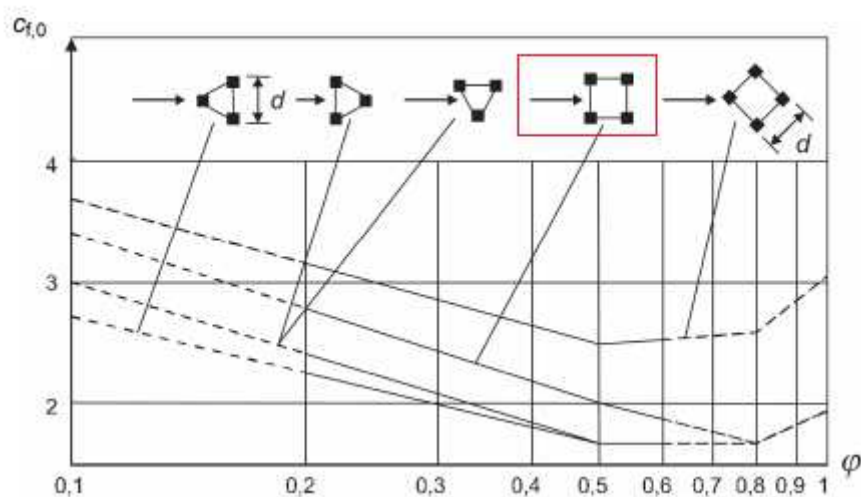


Obr. 14.: Smerné hodnoty súčiniteľa koncového efektu Ψ_λ ako funkcia súčiniteľa plnosti v závislosti na štíhlosti λ [4]

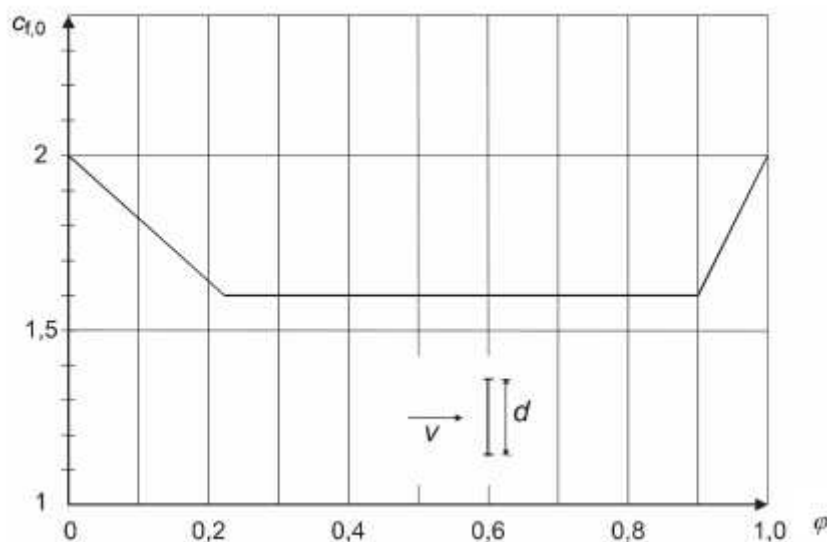
Súčiniteľ koncového efektu:

$$\Psi_\lambda = 0,97 \quad (\text{hodnota je vyčítaná z grafu na obr. 16})$$

Hodnota súčiniteľa koncového efektu bude z konzervatívneho hľadiska rovný 1 na stranu bezpečnú.



Obr. 15.: Súčiniteľ sily $c_{f,0}$ pre priestorovú priehradovú konštrukciu z uholníkových prútov ako funkcia súčiniteľa plnosti φ (v červenom rámečku je vystihnutá geometria dopravníka a pôsobenie vetru) [4]



Obr. 16.: Súčiniteľ sily $c_{f,0}$ pre rovinnú priehradovú konštrukciu z uholníkových prútov ako funkcia súčiniteľa plnosti φ [4]

Súčiniteľ sily:

$$c_{f,01} = 2,6 \text{ (hodnota je vyčítaná z grafu na obr.17)}$$

$$c_{f,02} = 1,6 \text{ (hodnota je vyčítaná z grafu na obr.18)}$$

$$c_{f1} = c_{f,01} + \Psi_{\lambda} = 2,6 \times 1 = 2,6 \quad (\text{pre šikmé pole dopravníka})$$

$$c_{f2} = c_{f,02} + \Psi_{\lambda} = 1,6 \times 1 = 1,6 \quad (\text{pre kyvnú stojku})$$

2.6.4 Súčiniteľ konštrukcie $c_s c_d$

Súčiniteľ konštrukcie $c_s c_d$ berie v úvahu účinok zaťaženia vetrom pri nesúčasnom výskytu maximálnych tlakov vetru na povrch konštrukcie (c_s), spoločne s účinkom kmitania konštrukcie, vyvolaného turbulenciou (c_d).

$$\text{Výška dopravníka: } h_m = 1,7 \text{ m}$$

$$\text{Dĺžka dopravníka: } b_m = 31,3 \text{ m}$$

Súčiniteľ odozvy pozadia:

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \times \left(\frac{h_m + b_m}{L_z} \right)^{\frac{5}{3}}} = \frac{1}{1 + 0,9 \times \left(\frac{1,7 + 31,3}{67,64} \right)^{\frac{5}{3}}} = 0,64$$

27

Aerodynamické admitancie R_h a R_b pre základný tvar kmitov:

Pomocný súčiniteľ η_h :

$$\eta_h = \frac{4,6 \times h_m}{L_z} \times f_L = \frac{4,6 \times 1,7}{67,64} \times 5,84 = 0,68$$

Pomocný súčiniteľ η_b :

$$\eta_b = \frac{4,6 \times b_m}{L_z} \times f_L = \frac{4,6 \times 31,3}{67,64} \times 5,84 = 12,43$$

R_h :

$$R_h = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{\eta_h} \times (1 - e^{-2 \times \eta_h}) = \frac{1}{0,68} - \frac{1}{0,68} \times (1 - e^{-2 \times 0,68}) = 0,67$$

R_b :

$$R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{\eta_b} \times (1 - e^{-2 \times \eta_b}) = \frac{1}{12,43} - \frac{1}{12,43} \times (1 - e^{-2 \times 12,43}) = 0,08$$

Hmotnosť konštrukcie: $m = 5111 \text{ kg}$

Hmotnosť bola určená pomocou programu Scia Engineering 2015, kde bola zistená výslednica síl v kN a následne premenená na jednotku hmotnosti.

Ekvivalentná hmotnosť:

$$m_e = \frac{m}{b_m} = \frac{5111}{31,3} = 163,3 \text{ kg/m}$$

Súčiniteľ sily:

$$c_f = 2,6$$

Logaritmickej dekrement útlmu pre zvarané konštrukcie:

$$\delta_s = 0,02$$

Logaritmickej dekrement aerodynamického útlmu pri základnom tvare kmitania:

$$\delta_a = \frac{\rho \times c_f \times v_m \times b_m}{2 \times n \times m_e} = \frac{1,25 \times 2,6 \times 27,8 \times 31,3}{2 \times 2,4 \times 163,3} = 3,61$$

Logaritmický dekrement útlmu:

$$\delta = \delta_s + \delta_a = 0,02 + 3,61 = 3,63$$

Rezonančná časť odozvy:

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \times \delta} \times S_L \times R_h \times R_b = \frac{\pi^2}{2 \times 3,63} \times 0,04 \times 0,67 \times 0,08 = 0,03$$

Frekvencia prechodu s kladnou smernicou:

$$v = n \times \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} = \sqrt{\frac{0,03}{0,64 + 0,03}} = 0,51 \text{ Hz}$$

$$v \geq 0,08 \text{ Hz} \Rightarrow 0,51 > 0,08$$

Vyhovuje

Doba integrácie pre stanovenie strednej rýchlosti vetru: $T = 600 \text{ s}$

Súčiniteľ k_p :

$$k_p = \sqrt{2 \times \ln(v \times T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \times \ln(v \times T)}} = \sqrt{2 \times \ln(0,51 \times 600)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \times \ln(0,51 \times 600)}} = 3,56$$

Súčiniteľ k_p sa musí brať vždy vyšší ako 3.

Súčiniteľ konštrukcie:

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \times k_p \times l_v(z) \times \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \times l_v(z)} = \frac{1 + 2 \times 3,56 \times 0,19 \times \sqrt{0,64 + 0,03}}{1 + 7 \times 0,19} = 0,9$$

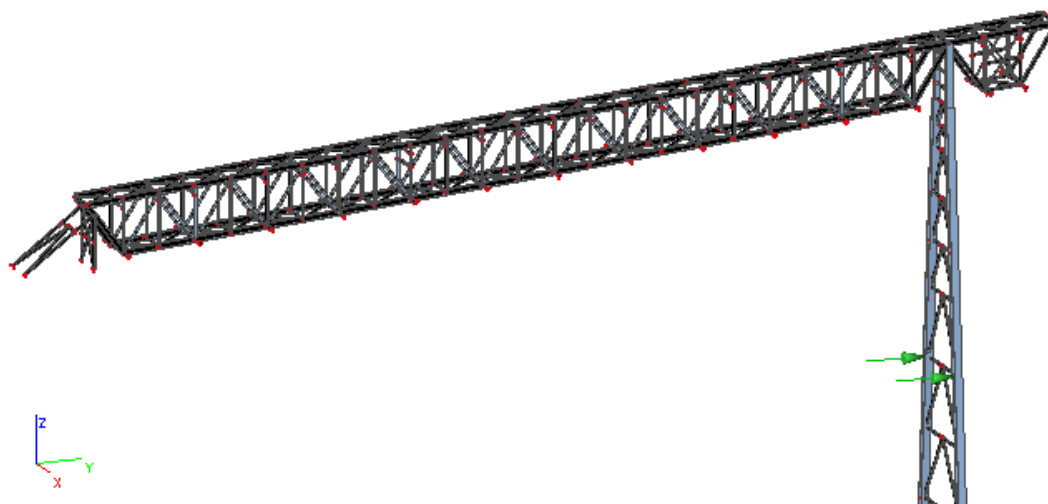
Ďalej vo výpočtoch sa bude konzervatívne brať súčiniteľ konštrukcie $c_s c_d$ rovný 1 na stranu bezpečnú.

2.6.5 Sily od vetru

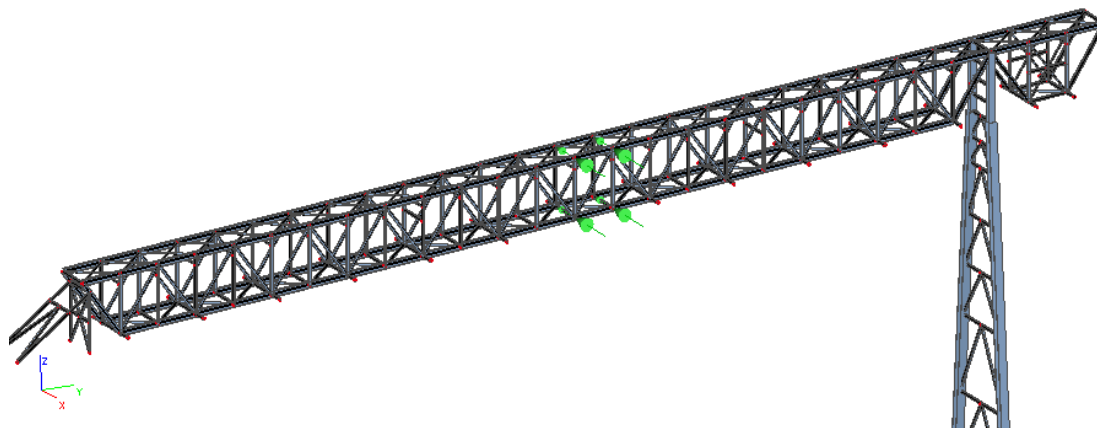
Sily od vetru:

$$F_{W1} = c_s c_d \times c_{f1} \times q_p(z) \times A_{ref1} = 1 \times 2,6 \times 1,06 \times 17,52 = 48,42 \text{ kN}$$

$$F_{W2} = c_s c_d \times c_{f2} \times q_p(z) \times A_{ref2} = 1 \times 1,6 \times 1,06 \times 14 = 23,77 \text{ kN}$$



Obr. 17.: Zaťaženie vetrom (pozdĺžny smer)



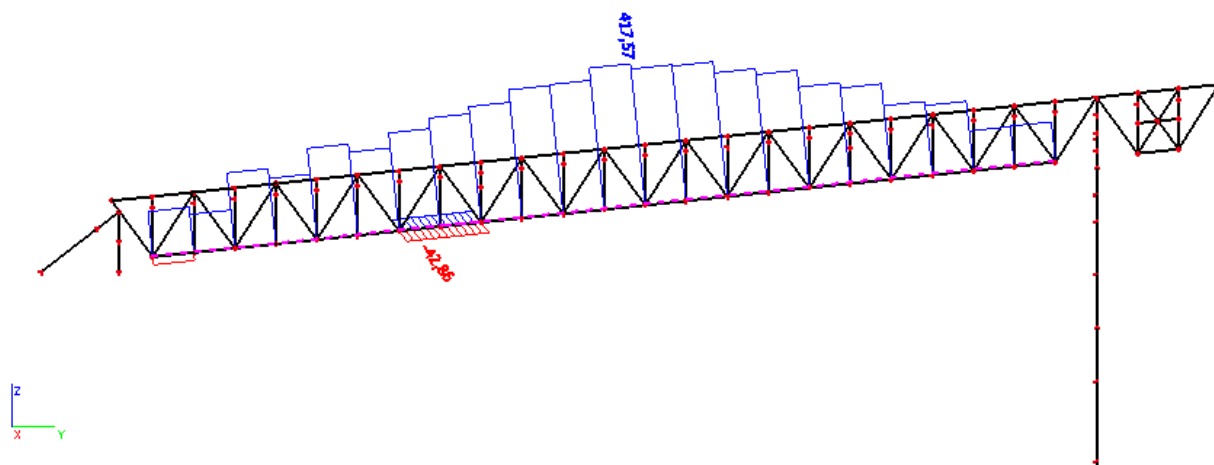
Obr. 18.: Zaťaženie vetrom (kolmý smer)

Pri zaťažení vetrom na výpočtový model boli vytvorené 4 zaťažovacie stavy, ktoré predstavovali pôsobenie vetra v smere x+, x-, y+ a y-. Na obr. 18 je znázornené pôsobenie vetra v smere y+ a na obr. 19 je znázornené pôsobenie vetra v smere x -.

3 POSÚDENIE ÚNOSNOSTI PRVKOV

3.1 Posúdenie ťahaných prvkov (dolný pás)

V tejto kapitole budú posúdené prvky na ťah. Prvky boli rozdelené do tried podľa polohy v konštrukcii a typu profilu. Presná poloha a popis prvkov je zakreslená na výkresoch. Ako vzorový príklad na výpočet ťahu bol vybraný profil s označením DP (dolný pás) pre jeho najväčšie ťahové namáhanie. Profil DP je súčasťou šikmého poľa dopravníka. Zvyšné posudzované prvky sú zhrnuté v tab. 1.. Posudzované boli prvky s výrazným ťahovým namáhaním.



Obr. 19.: Veľkosť ťahovej normálovej sily N pôsobiacej na dolný pás šikmého poľa dopravníka

(modrá hodnota)

Prierezové charakteristiky DP:

Profil: IPE 180

Oceľ: S235

Medza klzu: $f_y = 235 \text{ MPa}$

Plocha prierezu: $A = 2394,73 \text{ mm}^2$

Súčiniteľ γ_{M0} : $\gamma_{M0} = 1$

Únosnosť prvku:

$$N_{t,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{2394,73 \times 235}{1} = 562761,55 \text{ N} = 562,76 \text{ kN}$$

Rozhodujúca kombinácia pre posúdenie: C01/27

Ťahová sila pôsobiaca na prvok: $N_{Ed} = 417,57 \text{ kN}$ (bola získaná v programe Scia Engineering 2015)

Prvok musí spĺňať pri zaťažení ťahom podmienku:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \Rightarrow \frac{417,57}{562,76} = 0,74 < 1$$

Vyhovuje

Tabuľka 1.: Posúdenie na ťah

Označenie	N_{Ed} [kN]	Profil	A [mm ²]	$N_{t,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
DP	417,57	IPE 180	2 394,73	562,76	0,74
D	102,56	CFRHS 80x60x5	1 236,00	290,46	0,35
ST	129,32	IPE 140	1 642,60	386,01	0,34
DS	93,66	IPE 120	1 321,02	310,44	0,30
ZS	46,56	L60 x 60 x 6	691,00	162,39	0,29
HP	159,31	IPE 200	2 848,41	669,38	0,24
D	122,55	IPE 180	2 394,73	562,76	0,22
VS	32,64	L60 x 60 x 6	691,00	162,39	0,20
V	59,19	IPE 120	1 321,02	310,44	0,19

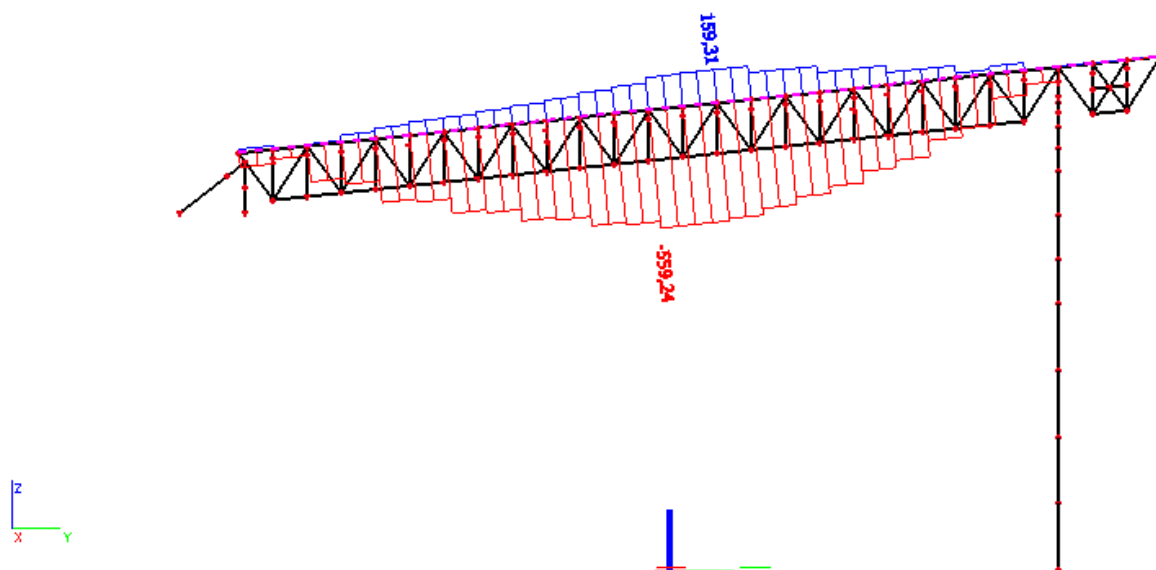
Tabuľka 2.: Rozhodujúce kombinácie

Označenie	DP	D	ST	D	DS
Kombinácia	C01/27	C01/8	C01/3	C01/3	C01/4
Označenie	ZS	HP	SV	V	
Kombinácia	C01/3	C01/6	C01/2	C01/6	

Zvýraznené hodnoty v tab 1. a tab 2. patria k riešenému vzorovému príkladu. V tab. 1. sú posúdené prvky z významným ťahovým namáhaním a v tab. 2 sú kombinácie zaťažení, ktoré vyvodzujú na prvky najväčšie namáhanie. Ostatné posúdené prvky je možné vidieť v prílohe 2 a celkový výpis kľúča kombinácii je v prílohe 1.

3.2 Posúdenie tlačných prvkov (horný pás)

U tlačných prvkoch sa postupuje obdobne ako u ťahaných s tou výnimkou, že je treba brať v úvahu vzper prvku (môže dôjsť k vybočeniu). Veľmi dôležité u vzperu je správne určenie vzperných dĺžok. Ako vzor na výpočet tlačného prvku bol vybraný prvok HP (horný pás) s najväčším tlakovým namáhaním.



Obr. 20.: Veľkosť tlakovej normálovej sily N pôsobiacej na horný pás šikmého poľa dopravníka
(modrá hodnota)

Prierezové charakteristiky HP:

Profil: IPE 220

Oceľ: S235

Medza klzu: $f_y = 235 \text{ MPa}$

Modul pružnosti: $E = 210 \text{ GPa}$

Plocha prierezu: $A = 3337 \text{ mm}^2$

Vzperná dĺžka: $L_{cr} = 1,16 \text{ m}$ (vzdialenosť zvislíc , , Z'')

Moment zotrvačnosti: $I_y = 2,77 \times 10^{-5} \text{ m}^4$

Moment zotrvačnosti: $I_z = 2,04 \times 10^{-6} \text{ m}^4$

Súčiniteľ γ_{M1} : $\gamma_{M1} = 1$

Tlaková sila pôsobiaca na prvok: $N_{Ed} = -559,24 \text{ kN}$ (bola získaná v programe Scia Engineering 2015)

Kritická sila:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \times E \times I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times (2,77 \times 10^{-5})}{1,16^2} = 42,69 \text{ MN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \times 210 \times (2,04 \times 10^{-6})}{1,16^2} = 3,16 \text{ MN}$$

Pomerná štíhlosť:

$$\lambda_y^- = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3337,05 \times 235}{20,29}} = 0,14$$

$$\lambda_z^- = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2394,73 \times 235}{2,19}} = 0,50$$

Pri malej hodnote pomernej štíhlosti (do 0,2) je možné prierez posúdiť na prostý tlak.

Štíhlosť:

$$\lambda_y = \pi \times \sqrt{\frac{E}{\sigma_{cr}}} = \pi \times \sqrt{\frac{210000}{\frac{42,69}{3337,05}}} = 162,84$$

$$\lambda_y < 200 \Rightarrow 162,84 < 200$$

Vyhovuje

$$\lambda_z = \pi \times \sqrt{\frac{E}{\sigma_{cr}}} = \pi \times \sqrt{\frac{210000}{\frac{3,16}{3337,05}}} = 44,27$$

$$\lambda_z < 200 \Rightarrow 44,27 < 200$$

Vyhovuje

Súčiniteľ Φ :

$$\Phi_y = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda_y^- - 0,2) + \lambda_y^{-2}] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,14 - 0,2) + 0,14^2] = 0,50$$

$$\Phi_z = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda_z^- - 0,2) + \lambda_z^{-2}] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,50 - 0,2) + 0,50^2] = 0,66$$

Súčiniteľ zohľadňujúci vzper:

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_y + \sqrt{\Phi_y^2 - \lambda^{-2}}} = \frac{1}{0,50 + \sqrt{0,50^2 - 0,14^2}} = 1,01$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi_z + \sqrt{\Phi_z^2 - \lambda^{-2}}} = \frac{1}{0,66 + \sqrt{0,66^2 - 0,50^2}} = 0,92$$

Rozhoduje vzper v smere z-z.

Vzperná únosnosť tlačeneho prvku:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,92 \times 3337,05 \times 235}{1} = 725,19 \text{ kN}$$

Prvok musí spĺňať pri zaťažení tlakom podmienku:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \Rightarrow \frac{559,24}{725,19} = 0,77 < 1$$

Vyhovuje

Tabuľka 3.: Posúdenie na tlak

Názov	Profil	L v rovine vazniku [mm]	Součinitel vzperu	L_{cr} [mm]	I [mm ⁴]	A [mm ²]	N_{Ed} [kN]
HP	IPE 220	1160	1	1160	2048858	3337	559,24
ST	HEB 280	17000	1	17000	65945168	13136	306,33
DS	IPE 120	1005	1	1005	276681	1321	94,05
V	IPE 120	1200	1	1200	276681	1321	69,30
D	CFRHS 80x60x5	2156	1	2156	656600	1236	110,40
ST	IPE 140	1700	1	1700	449178	13136	128,15
ZS	L60 x 60 x 6	1670	1	1670	227900	691	42,86
VS	L60 x 60 x 6	1670	1	1670	227900	691	35,65
D	IPE 100	2156	1	2156	159186	1032	14,64
Názov	λ	ϕ	N_{cr} [kN]	λ	χ	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
HP	0,50	0,66	3155,84	44,27	0,92	725,19	0,77
ST	2,55	4,01	472,94	8,64	0,14	434,62	0,70
D	1,00	1,08	292,77	22,16	0,67	194,13	0,57
ST	3,10	5,60	322,14	7,13	0,10	300,97	0,43
ZS	0,98	1,06	169,37	22,54	0,68	110,44	0,39
DS	0,74	0,83	567,76	29,85	0,83	257,18	0,37
VS	0,98	1,06	169,37	22,54	0,68	110,44	0,32
V	0,88	0,96	398,23	25,00	0,75	231,30	0,30
D	1,85	2,38	70,98	11,94	0,26	62,46	0,23

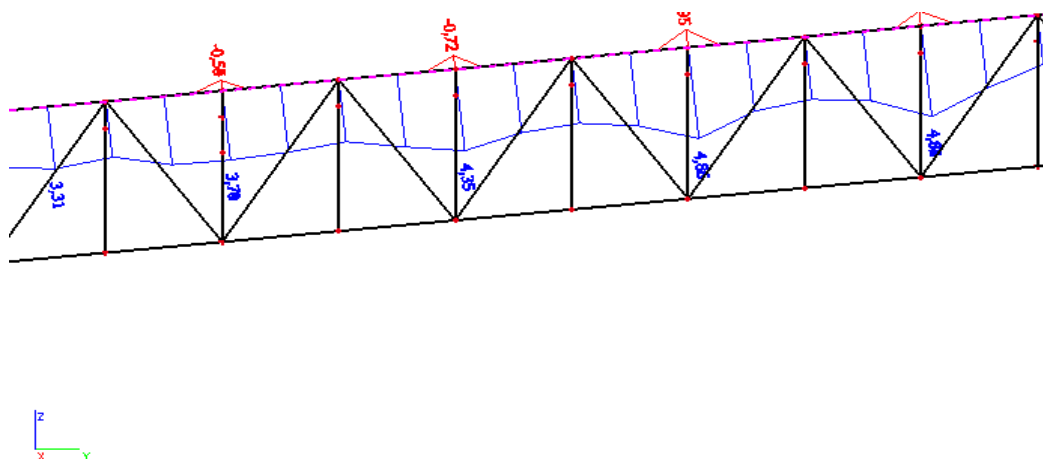
Tabuľka 4.: Rozhodujúce kombinácie

Označenie	HP	D	ST	ZS	DS	VS	V	ST	D
Kombinácia	C01/2	C01/8	C01/3	C01/18	C01/4	C01/1	C01/4	C01/2	C01/21

V tab. 3 sú posúdené prvky, ktoré boli zaťažené tlakom v tab. 4 môžeme vidieť, ktoré kombinácie rozhodovali pri posúdení. Všetky posúdené prvky v rovine y a v rovine z môžeme vidieť v prílohe 3.

Posúdenie na tlak s dvojosím ohybom (horný pás)

Pri HP spolu s tlakom pôsobia na prvky momenty M_y a M_z . Je nutné v tomto prípade zohľadniť klopenie.



Obr. 21.: Príslušný ohybový moment M_y

Prierezové charakteristiky HP:

Profil:	IPE 220
Oceľ:	S235
Medza klzu:	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Plocha prierezu:	$A = 3337,05 \text{ mm}^2$
Plastický prierezový modul:	$W_{pl,y} = 220638,65 \text{ mm}^3$
Plastický prierezový modul:	$W_{pl,z} = 44612,16 \text{ mm}^3$
Súčiniteľ C_{mz} :	$C_{mz} = 0,6$
Kombinácia:	C01/2
Moment:	$M_{Ed,y} = 4,86 \text{ kNm}$
Moment:	$M_{Ed,z} = 0,38 \text{ kNm}$
Príslušná normálová sila:	$N_{Ed} = 559,24 \text{ kN}$
Pomerná štíhlosť:	$\lambda = 0,5$

Súčiniteľ zohľadňujúci vzper: $\chi_z = 0,92$

Moment zotrvačnosti: $I_z = 2,04 \times 10^{-6} m^4$

Konštanta krútenia: $I_t = 69801,20 m^4$

Konštanta deplamácie: $I_w = 1,3 \times 10^{10} m^6$

Klopiaca dĺžka: $L_{LT} = 1,16 m$

Modul pružnosti: $E = 210 GPa$

Modul pružnosti v šmyku: $G = 81 GPa$

Klopenie:

$$k_z = 1 \quad z_j = 1$$

$$k_w = 1 \quad z_g = 0$$

$$k_y = 1 \quad \xi_j = 0$$

$$k_y = 1 \quad \xi_g = 0$$

$$C_1 = 1$$

$$C_2 = 1$$

Súčiniteľ k_{wt} :

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w \times L_{LT}} \times \sqrt{\frac{E \times I_w}{G \times I_T}} = \frac{\pi}{1 \times 1,16} \times \sqrt{\frac{210000 \times 1,3 \times 10^{10}}{81000 \times 69801,20}} = 1,88$$

Súčiniteľ u_{cr} :

$$u_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \times \left(\sqrt{1 + k_{wt}^2} \right) = 2,13$$

Určenie M_{cr} :

$$\begin{aligned} M_{cr} &= u_{cr} \times \frac{\pi \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t}}{L_{LT}} \\ &= 2,13 \times \frac{\pi \times \sqrt{210 \times 2,04 \times 10^{-6} m^4 \times 81 \times 69801,20}}{1,16} \\ &= 284564,21 MNm \end{aligned}$$

Pomerná štíhlosť pri klopení:

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{220638,65 \times 235}{284564,21}} = 0,13$$

Súčiniteľ Φ_{LT} :

$$\Phi_{LT} = 0,5 \times [1 + \alpha \times (\lambda_{yLT}^{-2} - 0,2) + \lambda_{LT}^{-2}] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,13 - 0,2) + 0,13^2] = 0,5$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{yLT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}} = \frac{1}{0,50 + \sqrt{0,50^2 - 0,13^2}} = 0,97$$

Tlaková únosnosť: $N_{RK} = A \times f_y = 3337,05 \times 235 = 784,20 \text{ kN}$

Únosnosť za ohybu y: $M_{y,RK} = W_{pl,y} \times f_y = 220638,65 \times 235 = 51,85 \text{ kNm}$

Únosnosť za ohybu z: $M_{z,RK} = W_{pl,z} \times f_y = 44612,16 \times 235 = 10,48 \text{ kNm}$

Súčinitele k_{zy} a k_{zz} su konzervatívne brané rovno jednej.

Posúdenie:

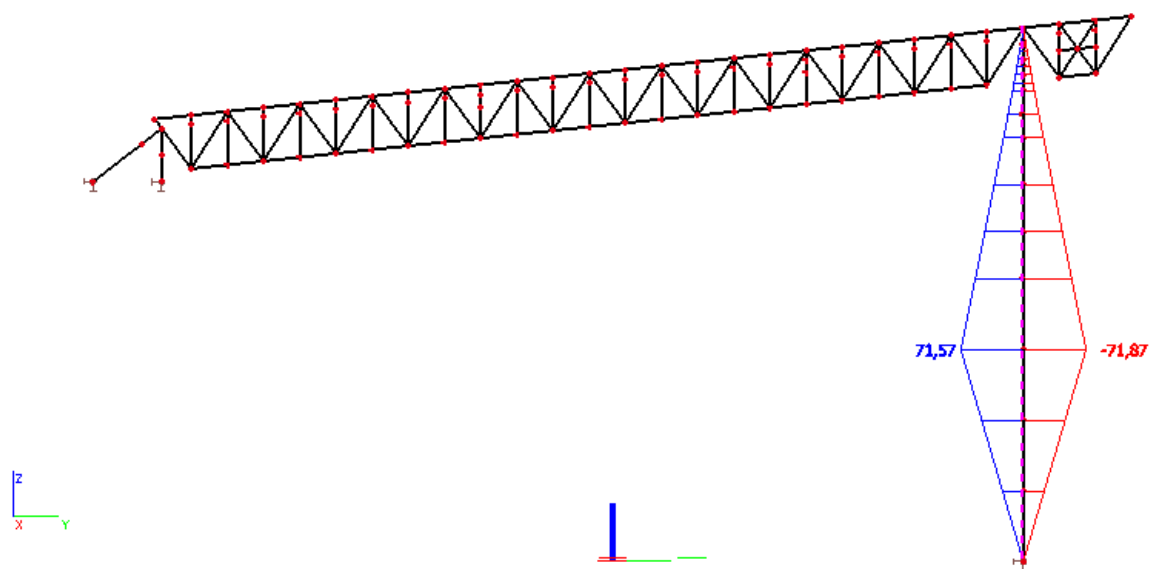
$$\frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rk}}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \times \frac{\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \times M_{y,Rd}}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \times \frac{\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}}}{\gamma_{M1}} \leq 1$$

$$\frac{\frac{559,24}{0,92 \times 784,20}}{1} + 1 \times \frac{\frac{4,86}{0,97 \times 51,85}}{1} + 1 \times \frac{\frac{0,38}{10,48}}{1} = 0,9 < 1$$

Vyhovuje

3.3 Posúdenie tlaku za ohybu (kyvná stojka)

Po globálnej analýze bolo zistené, že v kombinácii C01/16 vzniká na prvok ST (zvislé nosné prvky kyvnej stojky) tlak spolu s ohybovým momentom. Je nutné prvok posúdiť na tlak za ohybu.



Obr. 22.: Veľkosť momentu M_y pôsobiaceho na zvislý prvok kyvnej stojky

Prvok	css	dx [mm]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B262	CS15 - HEB280	15065,190	C01/2	-305,26	0,06	-1,17	-0,01	0,00	0,00
B262	CS15 - HEB280	12805,411	C01/3	106,83	-0,01	1,18	0,02	-2,43	0,03
B262	CS15 - HEB280	8285,861	C01/21	-73,61	-10,57	0,10	0,04	-0,04	71,57
B262	CS15 - HEB280	8285,861	C01/20	-110,47	10,61	0,11	-0,02	-0,03	-71,87

Obr. 23.: Veľkosti pôsobiacich síl

Prierezové charakteristiky ST1:

Profil: HEB 280

Oceľ: S235

Medza klzu: $f_y = 235 \text{ MPa}$

Plocha prierezu: $A = 13136,44 \text{ mm}^2$

Plastický prierezový modul: $W_{pl,z} = 7175700 \text{ mm}^3$

Súčiniteľ C_{mz} : $C_{mz} = 0,6$

Kombinácia: C01/16

Moment: $M_{Ed,z} = 71,87 \text{ kNm}$

Príslušná normálová sila: $N_{Ed} = 110,47 \text{ kN}$

Pomerná štíhlosť: $\bar{\lambda} = 2,75$

Súčiniteľ zohľadňujúci vzper: $\chi_z = 0,12$

Pomerná štíhlosť a súčiniteľ vzperu boli prebraté z tab. 3..

Tlaková únosnosť:

$$N_{Rk} = A \times fy = 13136,44 \times 235 = 3087,06 \text{ kN}$$

Únosnosť za ohybu:

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \times fy = 717570,00 \times 235 = 168,63 \text{ kNm}$$

Súčiniteľ k_{zz} :

$$\begin{aligned} k_{zz} &= C_{mz} \times \left(1 + (2 \times \bar{\lambda} - 0,6) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ &= 0,6 \times \left(1 + (2 \times 2,75 - 0,6) \times \frac{110,47}{0,12 \times \frac{3087,06}{1}} \right) = 1,44 \end{aligned}$$

Konzervatívne bude braná hodnota k_{zz} rovná jednej.

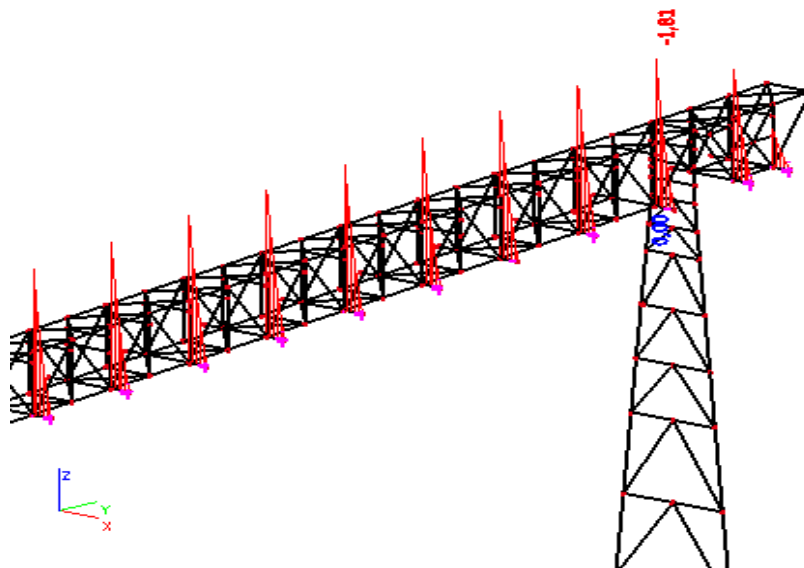
Prvok musí spĺňať podmienku:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \times \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rd}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \Rightarrow \frac{110,47}{0,12 \times \frac{3087,06}{1}} + 1 \times \frac{71,87}{\frac{168,63}{1}} = 0,71 < 1$$

Vyhovuje

3.4 Posúdenie konzoly pod obslužnou plošinou

3.4.1 Posúdenie na ohyb



Obr. 24.: Maximálny ohybový moment na konzole

Plastický prierezový modul:

$$W_{pl,y} = 23200 \text{ mm}^2$$

Medza klzu:

$$f_y = f_{yd} = 235 \text{ MPa}$$

Ohybový moment:

$$M_{Ed} = 1,81 \text{ kNm}$$

Únosnosť v ohybu:

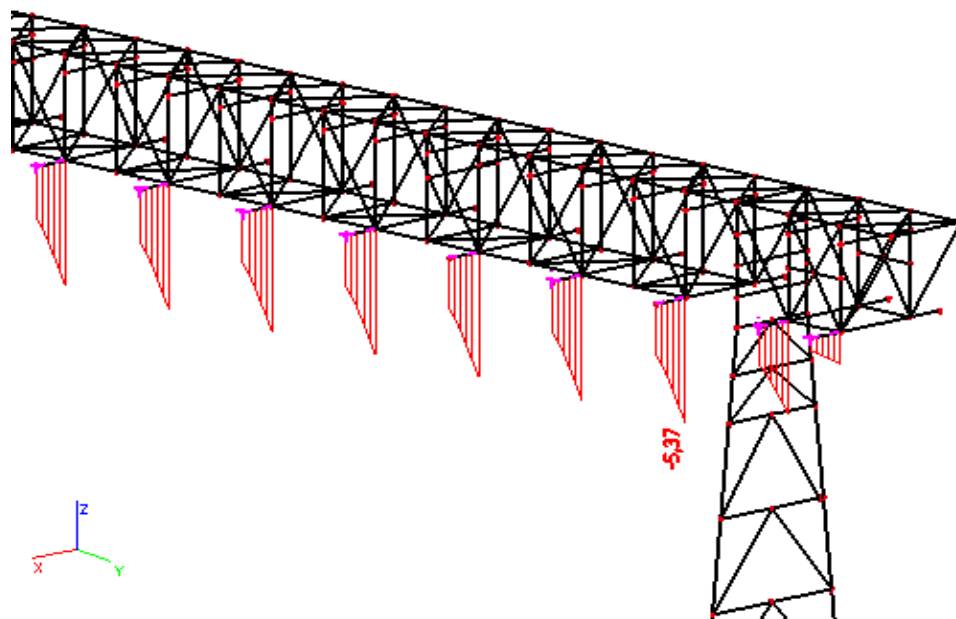
$$M_{Rd} = W_{pl,y} \times f_{yd} = 23200 \times 235 = 5,45 \text{ kNm}$$

Posúdenie:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} \Rightarrow 5,45 \text{ kNm} > 1,81 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

3.4.2 Posúdenie na šmyk



Obr. 25.: Maximálna posúvajúca sila

Šmyková plocha prierezu : $A_{vz} = 764 \text{ mm}^2$

Medza klzu: $f_y = 235 \text{ MPa}$

Posúvajúca sila: $V_{Ed} = 5,37 \text{ kN}$

Súčiniteľ γ_{M0}

Šmyková únosnosť:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \times \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{764 \times \left(\frac{235}{\sqrt{3}} \right)}{1} = 103,66 \text{ kN}$$

Posúdenie: $V_{pl,Rd} \geq V_{Ed} \Rightarrow 103,66 \text{ kN} > 5,37 \text{ kN}$

Vyhovuje

U konzoly podopierajúcej obslužnú plošinu nedochádza ku klopeniu z dôvodu priečného podoprenia v celej dĺžke profilu.

4 POSÚDENIE SPOJOV

4.1 Zváraný spoj diagonála

Posúdenie zvaru diagonály CRFHS 80x40x4 pripevnenú na horný a dolný pás. Zvar bude navrhnutý ako kútový.

Kombinácia: C01/11

Pôsobiaci normálová sila: $N_{Ed} = F_{w,Ed} = 108,80 \text{ kN}$

Účinná hrúbka zvaru: $a = 4 \text{ mm}$

Dĺžka zvaru: $L_{we} = 240 \text{ mm}$

Medza pevnosti v ťahu: $f_u = 360 \text{ MPa}$

Súčiniteľ β_w : $\beta_w = 0,8$ (určený vzhľadom na S235)

Súčiniteľ γ_{M2} : $\gamma_{M2} = 1,25$

Šmyková pevnosť zvaru:

$$f_{vwd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{\frac{360}{\sqrt{3}}}{0,8 \times 1,25} = 207,84 \text{ MPa}$$

Únosnosť zvaru:

$$F_{w,Rd} = f_{vwd} \times L_{we} \times a = 207,4 \times 240 \times 4 = 199,1 \text{ kN}$$

Posúdenie:

$$F_{w,Rd} \geq F_{Ed} \Rightarrow 199,1 > 108,80$$

Vyhovuje

Tento zvar bude prevedený u všetkých diagonál, výstuh medzi hornými a dolnými pasmi, zvislicami a výstuhami medzi zvislicami. Bola prevedená analýza vnútorných síl a dĺžok zvaru a v pomere k vypočítanej únosnosti zvaru vyhovujú všetky zvárané prvky.

4.2 Vybočenie steny prútu (diagonála na dolný pás)

Pôsobiaci normálová sila: $N_{Ed} = F_{w,Ed} = 108,80 \text{ kN}$

Hrúbka stony horného pásu: $t_w = 5 \text{ mm}$

Šírka pásu: $b_w = 91 \text{ mm}$

Uhol medzi pásom a diagonálou: $\theta = 52^\circ$

Súčiniteľ γ_{M5} : $\gamma_{M5} = 1$

Únosnosť proti vybočeniu steny prútu:

$$N_{I,Rd} = \frac{\frac{f_y \times t_w \times b_w}{\sin(\theta)}}{\gamma_{M5}} = \frac{\frac{235 \times 5 \times 91}{\sin(52)}}{1} = 135,69 \text{ kN}$$

Posúdenie: $N_{I,Rd} \geq N_{Ed} \Rightarrow 135,69 \text{ kN} > 108,80 \text{ kN}$

Vyhovuje

4.3 Porušenie medzi pásového prútu

Porušenie medzi pásového prútu nemusí byť kontrolované ak sú splnené podmienky.

Vzdialenosť medzi diagonálami: $g = 26 \text{ mm}$

Hrúbka diagonály: $t_1 = 4 \text{ mm}$

Šírka diagonály: $b_1 = b_2 = 40 \text{ mm}$

Šírka pásu: $b_0 = 91 \text{ mm}$

Hrúbka pásu: $t_f = 8 \text{ mm}$

Súčiniteľ β :

$$\beta = \frac{b_1}{b_0} = \frac{40}{91} = 0,44$$

Súčiniteľ γ :

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \times t_f} = \frac{91}{2 \times 8} = 5,69$$

β musí spĺňať podmienku:

$$\beta \leq 1 - 0,03 \times \gamma$$

$$0,44 < 0,83$$

Vyhovuje

Podmienky :

$$\frac{g}{t_1} \leq 20 - 28 \times \beta \Rightarrow \frac{26}{4} \leq 20 - 28 \times 0,44 \Rightarrow 6,5 < 7,68$$

Vyhovuje

$$0,75 \leq \frac{b_1}{b_2} \leq 1,33 \Rightarrow 0,75 \leq 1 \leq 1,33$$

Vyhovuje

Všetky podmienky boli splnené nemusí sa uvažovať s porušením medzi pásového prútu.

4.4 Šmyk stojný pásu

Šmyková plocha: $A_v = 899,34 \text{ mm}^2$

Uhol medzi pásom a diagonálou: $\theta = 52^\circ$

Súčiniteľ γ_{M5} : $\gamma_{M5} = 1$

Šmyková únosnosť:

$$N_{I,Rd} = \frac{f_y \times A_v}{\sqrt{3} \times \sin(\theta)} = \frac{235 \times 899,34}{\sqrt{3} \times \sin(52)} = 154,85 \text{ kN}$$

Posúdenie:

$$N_{I,Rd} \geq N_{Ed} \Rightarrow 154,85 \text{ kN} > 108,08 \text{ kN}$$

Vyhovuje

4.5 Zváraný spoj horný pás

Tento spoj sa nachádza v mieste montážneho spoja šikmého poľa, kde je prevedený zvar horného pásu k čelnému plechu. Spoj bol posúdený na vnútorné sily pôsobiace v mieste napojenia.

Maximálny moment pôsobiaci v mieste spoja: $M_{Ed} = 4,86 \text{ kNm}$

Maximálna pôsobiaca normálová sila: $N_{Ed} = 455 \text{ kN}$

Kombinácia: C01/15

Návrh kútového zvaru: $a = 5 \text{ mm}$

Plocha zvaru: $A_w \cong 4294,95 \text{ mm}^2$

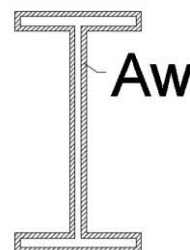
Moment zotrvačnosti zváraného obrazca: $I_{y,w} \cong 5,91 \times 10^6 \text{ mm}^4$

Plocha a moment zotrvačnosti zváraného obrazca boli určené z nákresu v programe AutoCAD 2015 a následným výpočtom

Napätie pôsobiace na zvar:

$$\sigma_w = \frac{M_{Ed}}{I_{y,w}} \times \frac{h}{2} + \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{4,86}{5,91} \times \frac{220}{2} + \frac{455000}{4294,95} = 196,39 \text{ MPa}$$

IPE 220



Únosnosť kútového zvaru:

$$f_{vw,d} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{\frac{360}{\sqrt{3}}}{0,8 \times 1,25} = 207 \text{ MPa}$$

Posúdenie: $\sigma_w \leq f_{vw,d} \Rightarrow 196,39 < 207$

Vyhovuje

4.6 Zváraný spoj dolný pás

Maximálny moment pôsobiaci v mieste spoja: $M_{Ed} = 3,36 \text{ kNm}$

Maximálna pôsobiaca normálová sila: $N_{Ed} = 391 \text{ kN}$

Kombinácia: C01/6

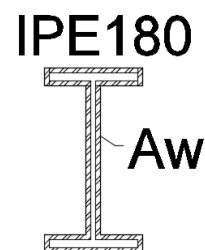
Návrh kútového zvaru: $a = 5 \text{ mm}$

Plocha zvaru: $A_w \cong 3560 \text{ mm}^2$

Moment zotrvačnosti zváraného obrazca: $I_{y,w} \cong 3,15 \times 10^6 \text{ mm}^4$

Napätie pôsobiace na zvar:

$$\sigma_w = \frac{M_{Ed}}{I_{y,w}} \times \frac{h}{2} + \frac{N_{Ed}}{A_w} = \frac{3,36}{3,15} \times \frac{180}{2} + \frac{391000}{3560} = 205,83 \text{ MPa}$$



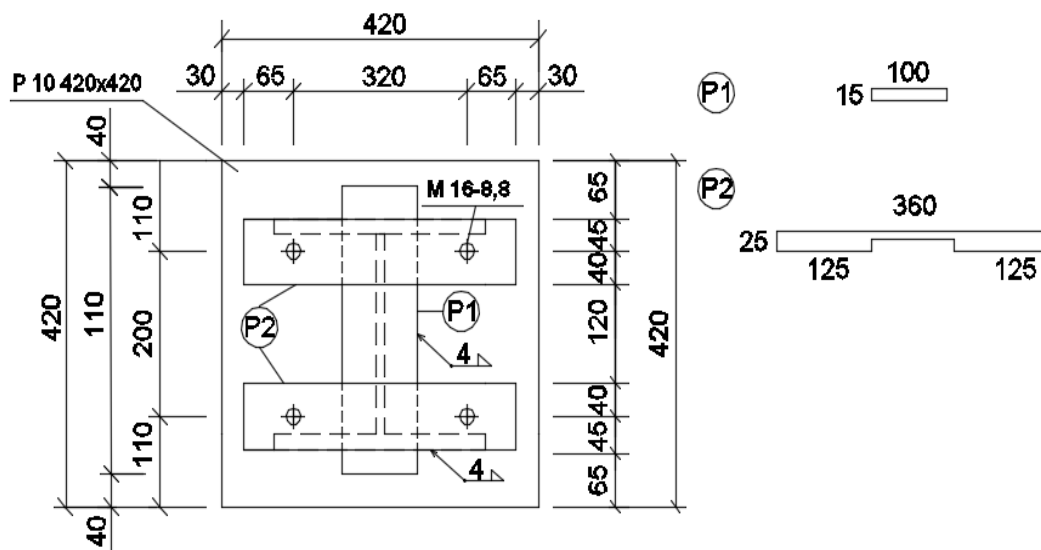
Únosnosť kútového zvaru:

$$f_{vw,d} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{\frac{360}{\sqrt{3}}}{0,8 \times 1,25} = 207 \text{ MPa}$$

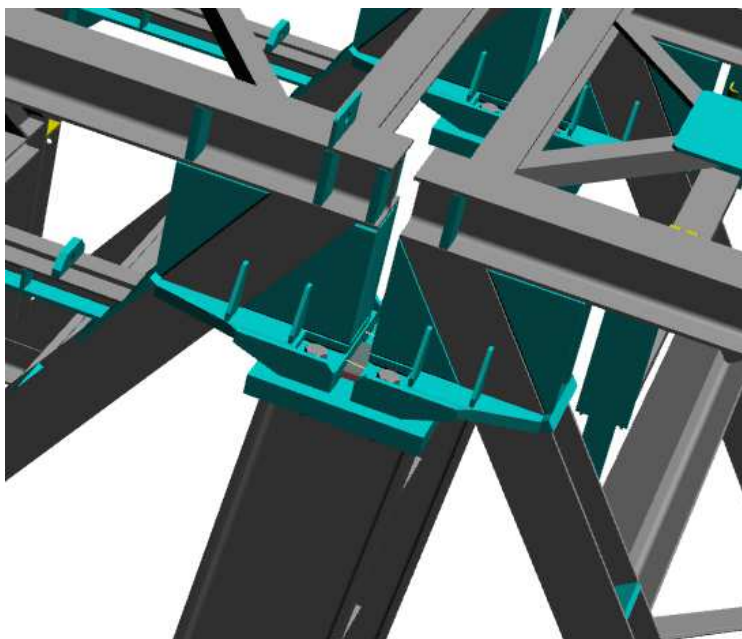
Posúdenie: $\sigma_w \leq f_{vw,d} \Rightarrow 205,83 < 207$

Vyhovuje

4.7 Spoj v mieste horného pásu a kývnej stojky



Obr. 26.: Schéma spoja horného pásu a kývnej stojky



Obr. 27.: Pohľad na spoj kývnej stojky a horného pásu z 3D modelu [18]

Návrh skrutiek:	M 16-8.8
Návrh plechu:	P 10
Medza pevnosti skrutky:	800 MPa
Plocha skrutky:	$A_s = 157 \text{ mm}^2$
Zvar:	$a_w = 4 \text{ mm}$

Zvar je posúdený v kapitole 4.10 u základovej pätky na vyššie namáhanie v tomto prípade isto vyhovie.

4.7.1 Únosnosť v strihu

Pôsobiaci posúvajúca sila: $V_{Ed} = 25,56 \text{ kN}$

Súčiniteľ α_v : $\alpha_v = 0,6$

Kombinácia: C01/2

Únosnosť v strihu jednej skrutky:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 800 \times 157}{1,25} = 60,3 \text{ kN}$$

Posúdenie:

$$4 \times F_{v,Rd} \geq V_{Ed} \Rightarrow 241,2 \text{ kN} > 25,56 \text{ kN}$$

Vyhovuje

4.7.2 Otláčenie plechu

Priemer skrutky: $d = 16 \text{ mm}$

Priemer otvoru na skrutku: $d_0 = 18 \text{ mm}$

Vzdialenosť p_1 : $p_1 = 320 \text{ mm}$

Vzdialenosť e_1 : $e_1 = 95 \text{ mm}$

Vzdialenosť p_2 : $p_1 = 160 \text{ mm}$

Vzdialenosť e_2 : $e_1 = 110 \text{ mm}$

Súčiniteľ α :

$$\alpha_b = \min \begin{cases} \frac{e_1}{3 \times d_0} = \frac{95}{3 \times 18} = 1,76 \\ \left(\frac{p_1}{3 \times d_0} \right) - 0,25 = \left(\frac{320}{3 \times 18} \right) - 0,25 = 5,67 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{235} = 3,40 \end{cases}$$

Súčiniteľ α bude ďalej vo výpočte uvažovaný rovno 1.

Súčiniteľ k_1 :

$$e_2 > 1,5 \times d_0 \Rightarrow 110 \text{ mm} > 1,5 \times 18 = 27 \text{ mm}$$

$$p_2 > 3 \times d_0 \Rightarrow 160 \text{ mm} > 3 \times 18 = 54 \text{ mm}$$

Podmienky boli splnené k_1 môžeme uvažovať rovno 2,5.

Únosnosť v otláčení:

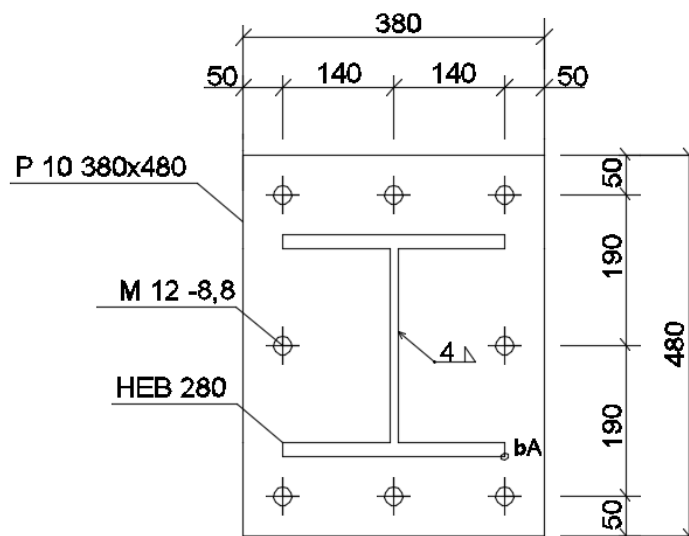
$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t_f}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 1 \times 360 \times 16 \times 10}{1,25} = 115,2 \text{ kN}$$

Posúdenie

$$F_{b,Rd} \geq N_{Ed} \Rightarrow 115,2 \text{ kN} > 25,56 \text{ kN}$$

Vyhovuje

4.8 Spoj v mieste napojenia dvoch častí kyvnej stojky



Obr. 28.: Schéma napojenia dvoch častí kyvnej stojky

Návrh skrutiek: M 12-8.8

Návrh plechu: P 10

Medza pevnosti skrutky: 800 MPa

Plocha skrutky: $A_s = 84,3 \text{ mm}^2$

4.8.1 Únosnosť v ťahu

Pôsobiaci moment: $M_{Ed} = 46,84 \text{ kNm}$

Kombinácia: C01/3

Ťahovú silu dostaneme vytvorením momentovej podmienky rovnováhy k bodu bA, ktorý je možné vidieť na obr. 26..

Rameno krajných skrutiek k bodu bA: $r_1 = 0,33 \text{ m}$

Rameno vnútorných skrutiek k bodu bA: $r_2 = 0,14 \text{ m}$

Momentová podmienka:

$$M_{Ed} = 3 \times F_1 \times r_1 + 2 \times \frac{F_1 \times r_2}{r_1} \Rightarrow 46,84 = 3 \times F_1 \times 0,33 + 2 \times \frac{F_1 \times 0,14}{0,33} \Rightarrow$$

$$F_1 = 25,34 \text{ kN}$$

F_1 ťahová sila vznikajúca v jednej skrutke od momentu.

Únosnosť na ťah:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 800 \times 84,3}{1,25} = 48,55 \text{ kN}$$

Posúdenie:

$$F_{t,Rd} \geq F_1 \Rightarrow 48,55 \text{ kN} > 25,34 \text{ kN}$$

Vyhovuje

4.8.2 Únosnosť v strihu

Pôsobiaci posúvajúca sila: $V_{Ed} = 37,47 \text{ kN}$

Kombinácia: C01/2

Únosnosť v strihu jednej skrutky:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 800 \times 84,30}{1,25} = 32,37 \text{ kN}$$

Posúdenie:

$$6 \times F_{v,Rd} \geq V_{Ed} \Rightarrow 194,22 \text{ kN} > 37,47 \text{ kN}$$

Vyhovuje

4.8.3 Interakcia šmyku a ťahu

$$\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_1}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1 \Rightarrow \frac{37,47}{194,22} + \frac{25,34}{1,4 \times 48,55} = 0,57 \leq 1$$

Vyhovuje

4.8.4 Otláčenie skrutky

Pôsobiaci posúvajúca sila: $V_{Ed} = 37,47 \text{ kN}$

Kombinácia: $C01/2$

Priemer skrutky: $d = 12 \text{ mm}$

Priemer otvoru na skrutku: $d_0 = 14 \text{ mm}$

Vzdialenosť p_1 : $p_1 = 140 \text{ mm}$

Vzdialenosť e_1 : $e_1 = 50 \text{ mm}$

Vzdialenosť p_2 : $p_2 = 190 \text{ mm}$

Vzdialenosť e_2 : $e_2 = 50 \text{ mm}$

Súčiniteľ α :

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \times d_0} = \frac{50}{3 \times 14} = 1,19 \\ \left(\frac{p_1}{3 \times d_0} \right) - 0,25 = \left(\frac{140}{3 \times 14} \right) - 0,25 = 3,08 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{235} = 3,40 \end{array} \right.$$

Súčiniteľ α bude ďalej vo výpočte uvažovaný rovno 1.

Súčiniteľ k_1 :

$$e_2 > 1,5 \times d_0 \Rightarrow 50 \text{ mm} > 1,5 \times 14 = 21 \text{ mm}$$

$$p_2 > 3 \times d_0 \Rightarrow 190 \text{ mm} > 3 \times 14 = 42 \text{ mm}$$

Podmienky boli splnené k_1 môžeme uvažovať rovno 2,5.

Únosnosť v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t_f}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 1 \times 360 \times 12 \times 10}{1,25} = 86,40 \text{ kN}$$

Posúdenie:

$$F_{b,Rd} \geq N_{Ed} \Rightarrow 86,40 \text{ kN} > 37,47 \text{ kN}$$

Vyhovuje

4.8.5 Pretlačenie hlavy skrutky

Ťahová sila od momentu: $F_1 = 25,34 \text{ kN}$

Priemer hlavy skrutky: $d_m = 20,45 \text{ mm}$

Hrúbka plechu: $t_p = 10 \text{ mm}$

Únosnosť v pretlačení:

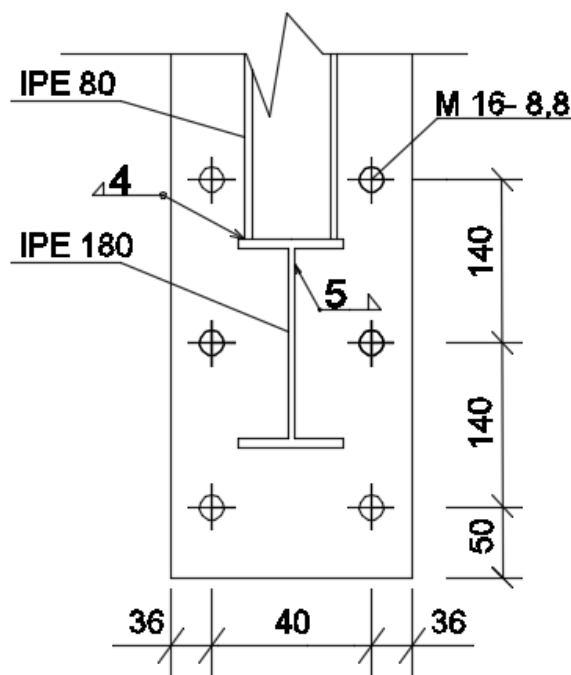
$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \times \pi \times d_m \times t_p \times f_u}{\gamma_M} = \frac{0,6 \times \pi \times 20,45 \times 10 \times 360}{1,25} = 111,02 \text{ kN}$$

Posúdenie:

$$B_{p,Rd} \geq F_1 \Rightarrow 111,02 > 25,34$$

Vyhovuje

4.9 Posudok skrutiek u ťahaného dolného pásu



Obr. 29.: Schéma skrutkovaného spoja

Návrh skrutiek: M16-8.8

Priemer otvoru na skrutku:

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

Hrúbka plechu:

$$t = 30 \text{ mm}$$

Maximálna pôsobiaca normálová sila:

$$N_{Ed} = 417,57 \text{ kN}$$

Kombinácia:

$$C01/6$$

Plocha skrutiek:

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

Pevnosť skrutiek:

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

Únosnosť jednej skrutky v ťahu:

$$F_{T1,Rd} = \frac{0,9 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \times 157 \times 800}{1,25} = 90,43 \text{ kN}$$

Určenie m:

$$a_w = 5mm$$

$$m_x = 65 mm$$

$$m = m_x - 0,8 \times a_w \times \sqrt{2} = 65 - 0,8 \times 5 \times \sqrt{2} = 59,34 mm$$

Účinná dĺžka:

$$L_{eff} = d_0 + 2 \times m = 18 + 2 \times 59,34 = 136,68 mm$$

Únosnosť plechu v ohybu:

$$M_{pl,Rd} = \frac{0,25 \times L_{eff} \times t^2 \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \times 136,68 \times 30^2 \times 235}{1,0} = 5,63 \times 10^6 Nmm$$

Prerátanie na silu:

$$F_{T2,Rd} = \frac{M_{pl,Rd}}{m} = \frac{5,63 \times 10^6}{59,34} = 127,08 kN$$

$$F_{T2,Rd} \geq F_{T1,Rd}$$

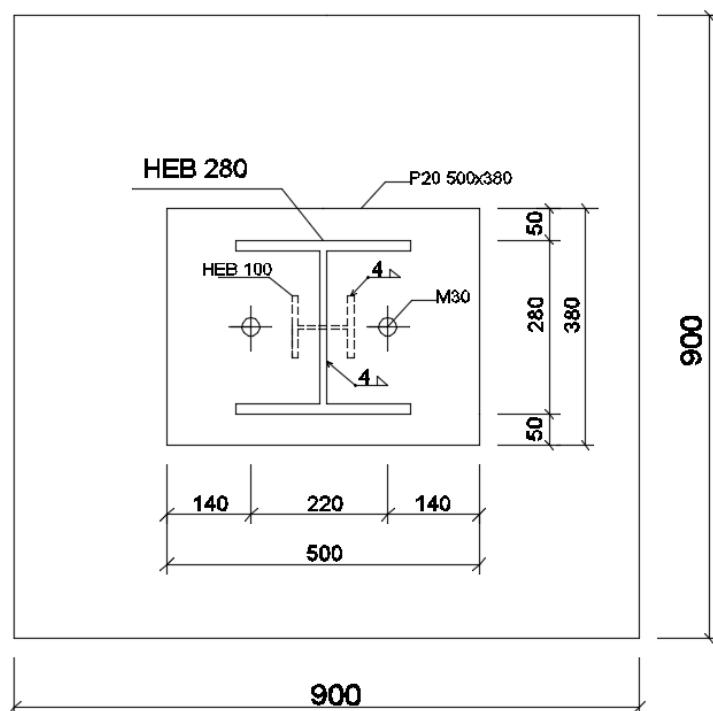
Rozhoduje únosnosť skrutiek v ťahu.

Posúdenie:

$$6 \times F_{T1,Rd} \geq N_{Ed} \Rightarrow 542,58 kN > 417,57 kN$$

Vyhovuje

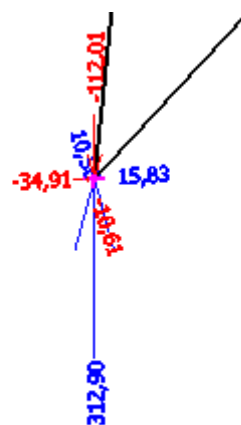
4.10 Posúdenie pätky priehradovej kyvnej stojky



Obr. 30.: Schéma kotvenia kyvnej stojky

4.10.1 Posudok tlačenej pätky

Kombinácia:	C01/2
Maximálna tlaková sila:	$N_{Ed} = 312,90 \text{ kN}$
Príslušná vodorovná sila:	$H_{x,Ed} = 34,91 \text{ kN}$
Kombinácia:	C01/2
Základ je tvorený z betónu:	C 20/25
Valcová pevnosť v tlaku:	$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$
Základový plech :	P20 380x500mm
Oceľ:	S235J0
Kotviace skrutky:	2 × M30
Započítateľné rozmery pätky:	
Výška pätky:	$h = 1200 \text{ mm}$
Šírka základu:	$A_{patky} = 900 \text{ mm}$



Dĺžka základu:

$$B_{patky} = 900mm$$

Šírka plechu:

$$a = 380 mm$$

Dĺžka plechu:

$$b = 380 mm$$

$$a_1 = \min(A_{patky}; 5 \times a; a + h; 5 \times b)$$

$$a_1 = \min(900; 1900; 1580; 2500)$$

$$a_1 = 900mm$$

$$b_1 = \min(B_{patky}; 5 \times b; b + h; 5 \times a)$$

$$b_1 = \min(900; 2500; 1700; 1900)$$

$$b_1 = 900mm$$

Súčiniteľ koncentrácie napätia:

$$k_j = \frac{\sqrt{a_1 \times b_1}}{a \times b} = \frac{\sqrt{900 \times 900}}{380 \times 500} = 2,06$$

Pevnosť betónu v tlaku:

$$f_{jd} = \frac{\beta \times k_j \times f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,66 \times 2,06 \times 20}{1,5} = 18,16 MPa$$

Hrúbka plechu:

$$t_p = 20 mm$$

Efektívna šírka plechu:

$$c = t_p \times \sqrt{\frac{f_y}{3 \times f_{jd} \times \gamma_{M0}}} = 20 \times \sqrt{\frac{235}{3 \times 18,16 \times 1}} = 41,54 mm$$

Efektívna plocha:

$$A_{eff} = 87466 mm^2 \text{ (určená v programe AutoCAD 2015)}$$

Únosnosť tlačenej pätky:

$$N_{RD} = A_{eff} \times f_{jd} = 87466 \times 18,16 = 1588,27 kN$$

Posúdenie:

$$N_{Rd} \geq N_{ed} \Rightarrow 158,27 > 312,90$$

Vyhovuje

4.10.2 Posúdenie zvaru HEB 280 k plechu P 20

Návrh zvaru: $a = 4 \text{ mm}$

Celková dĺžka zvaru: $L_{w,1} = 1658 \text{ mm}$

Dĺžka zvaru na stojne: $L_{w,2} \cong 488 \text{ mm}$

Napätie od tlakovej sily:

$$\sigma_{w,1} = \frac{N_{Ed}}{a \times L_{w,1}} = \frac{312900}{4 \times 1658} = 47,18 \text{ MPa}$$

Napätie od posúvajúcej sily:

$$\sigma_{w,2} = \tau_{//} = \frac{H_{Ed}}{a \times L_{w,2}} = \frac{34910}{4 \times 488} = 17,88 \text{ MPa}$$

Celkové napätie pôsobiace na zvar:

$$\sigma_{w,cel} = \sqrt{\sigma_{w,1}^2 + \sigma_{w,2}^2} = \sqrt{47,18^2 + 17,88^2} = 50,45 \text{ MPa}$$

Únosnosť zvaru:

$$f_{uw,d} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{\frac{360}{\sqrt{3}}}{0,8 \times 1,25} = 207,85 \text{ MPa}$$

Posúdenie:

$$f_{uw,d} \geq \sigma_{w,cel} \Rightarrow 207,85 > 50,45$$

Vyhovuje

4.10.3 Návrh šmykovej zarážky

Profil: $HEB 100$

Polovica šírky základu: $b = 190 \text{ mm}$

Podliatie: $t_g = 25 \text{ mm} \leq 0,2 \times \min(a; b) = 76 \text{ mm}$

Vyhovuje

Potrebná výška:

$$h_{min} = \frac{H_{Ed} \times \gamma_c}{b \times f_{ck}} = \frac{34,91 \times 1,5}{190 \times 20} = 13,78 \text{ mm}$$

Návrh:

$$Dĺžka \text{ kotvenia} = h_{min} + t_g = 15 + 25 = 40 \text{ mm}$$

4.10.4 Posúdenie na porušenie pri ťahovej sile

Maximálna tlaková sila: $N_{Ed} = 112,01 \text{ kN}$

Príslušná vodorovná sila: $H_{x,Ed} = 15,83 \text{ kN}$

Kombinácia: C01/3

Efektívna dĺžka: $L_{eff} = 380 \text{ mm}$

Rozmery náhradného T profilu:

$$m = \frac{220}{2} - \frac{t_w}{2} - 0,8 \times a_w \times \sqrt{2} = \frac{220}{2} - \frac{11}{2} - 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 99,92 \text{ mm}$$

Únosnosť T profilu na ohyb:

$$F_{T,Rd1} = \frac{2 \times L_{eff} \times t^2 \times f_y}{4 \times m \times \gamma_{M0}} = \frac{2 \times 380 \times 20^2 \times 235}{4 \times 99,92 \times 1} = 178,74 \text{ kN}$$

Únosnosť kotviacich skrutiek na ťah:

$$F_{T,Rd2} = 2 \times 0,85 \times \frac{0,9 \times A_s \times f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 2 \times 0,85 \times \frac{0,9 \times 561 \times 360}{1,25} = 247,2 \text{ kN}$$

Rozhoduje únosnosť T profilu v ohybu.

Posúdenie:

$$F_{T,Rd} \geq N_{Ed} \Rightarrow 178,74 \text{ kN} > 112,01 \text{ kN}$$

Vyhovuje

4.10.5 Porušenie súdržnosti kotviacej skrutky a betónu

Parametre kotviacej skrutky:

Oceľ: S235

Priemer drieky: $d = 30 \text{ mm}$

Hĺbka kotvenia: $h = 400 \text{ mm}$

Rozmery kotviacej hlavy:

$$a = 95 \text{ mm}$$

$$h_1 = 10 \text{ mm}$$

$$a_1 = 20 \text{ mm}$$

$$a_2 = 40 \text{ mm}$$

$$d_1 = 6 \text{ mm}$$

Vzdialenosť skrutiek: $c = 220 \text{ mm}$

Betón: C 20/25

Charakteristická pevnosť v ťahu a súdržnosti: $f_{t,k} = 1,35 \text{ MPa}$

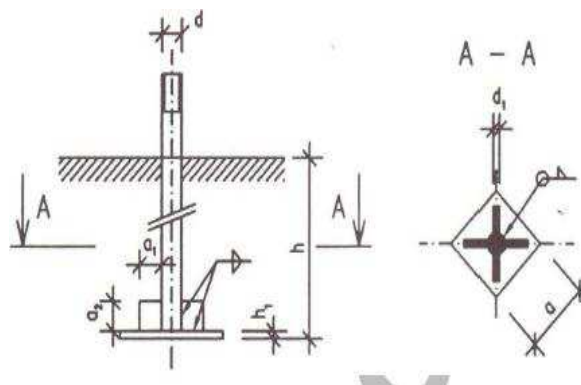
Charakteristická pevnosť betónu v otláčení: $f_{0,k} = 40 \text{ MPa}$

Plocha kotviacej hlavy: $A = a \times a = 95 \times 95 = 9025 \text{ mm}^2$

Maximálna dovolená plocha:

$$A_{max} = 0,8 \times A_s \times \frac{0,8 \times f_{yd}}{f_{cd}} + \frac{\pi \times d^2}{4} = 0,8 \times 561 \times \frac{0,8 \times \frac{235}{1,25}}{\frac{40}{1,5}} + \frac{\pi \times 30^2}{4} = 3238,09$$

$$A > A_{max}$$



Ďalej vo výpočte bude braná plocha A_{\max} .

$$\Delta h = \left(\frac{4 \times A_{\max}}{\pi \times d^2} - 1 \right) \times \frac{f_{0,d}}{4 \times f_{t,d}} \times d = \left(\frac{4 \times 3238,09}{\pi \times 30^2} - 1 \right) \times \frac{\frac{40}{1,5}}{4 \times \frac{1,35}{1,5}} \times 30$$

$$= 795,77 \text{ mm}$$

Únosnosť v súdržnosti jednej skrutky:

$$F_{S,Rd} = \pi \times d \times (h + \Delta h) \times f_{td} = \pi \times 30 \times (400 + 795,77) \times \frac{1,35}{1,5} = 101,43$$

Posúdenie:

$$2 \times F_{S,Rd} \geq N_{Ed} \Rightarrow 2 \times 101,43 = 202,86 \text{ kN} > 112,01 \text{ kN}$$

Vyhovuje

4.10.6 Vytrhnutie skupiny skrutiek

Vzdialenosť skrutiek: $c = 220$

Hĺbka kotvenia skrutky do betónu: $h = 400 \text{ mm}$

Overenie šírky základu:

$$B_{patky} \geq 1,15 \times h + c$$

$$900 \geq 1,15 \times 400 + 220$$

$$900 \geq 680$$

Vyhovuje

Plocha plášťa pri vytrhnutí:

$$A_k = 2,1 \times h^2 + 2,3 \times c \times h = 2,1 \times 400^2 + 2,3 \times 220 \times 400 = 538,4 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

Únosnosť na vytrhnutie skupiny skrutiek:

$$F_{V,Rd} = A_k \times f_{t,d} = 538400 \times \frac{1,35}{1,5} = 484,56 \text{ kN}$$

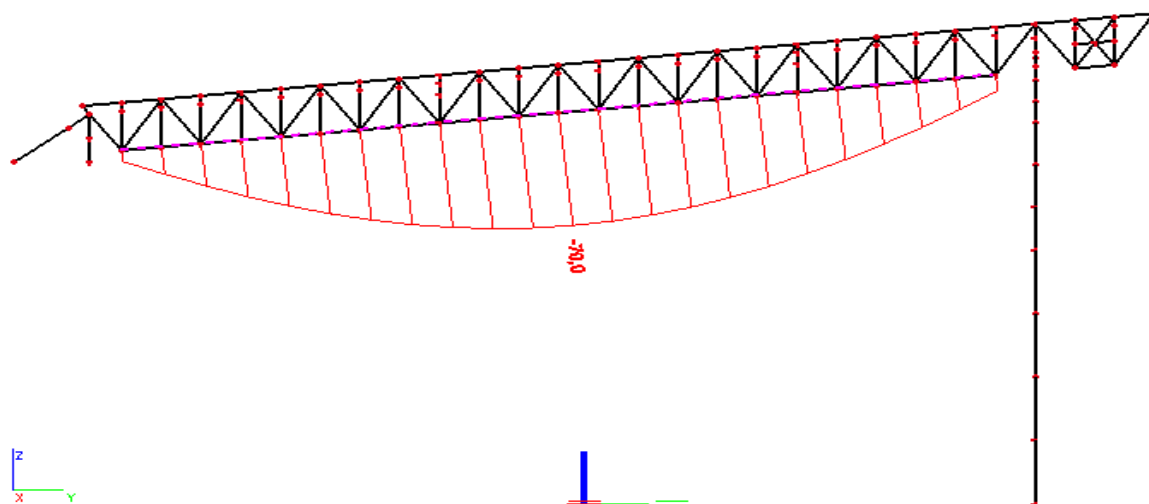
Posúdenie:

$$F_{V,Rd} \geq N_{Ed} \Rightarrow 484,56 \text{ kN} > 112,01 \text{ kN}$$

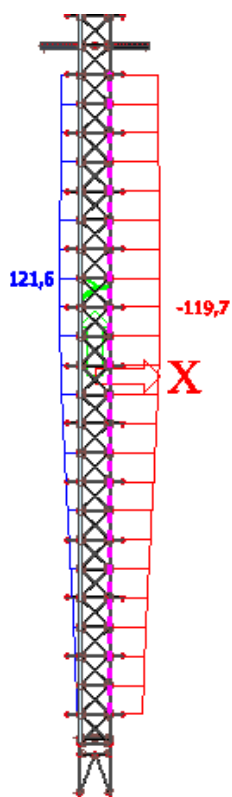
Vyhovuje

5 POSÚDENIE NA MSP

U medzného stavu použiteľnosti budú porovnávané skutočné priechyby vyvedené od zaťaženia na konštrukcii s dovolenými priechybmí.



Obr. 31.: Maximálny zvislý priechýb od všetkých zaťažení



Obr. 32.: Maximálny vodorovný posun od všetkých zaťažení

Dĺžka poľa:

$$L = 25520 \text{ mm}$$

Zvislá deformácia:

$$\delta_{max1} = 70,0 \text{ mm}$$

Vodorovná deformácia:

$$\delta_{max2} = 121,6 \text{ mm}$$

Dovolený priehyb:

$$\delta_{dov} = \frac{L}{200} = \frac{25520}{200} = 127,6 \text{ mm}$$

Posúdenie:

$$\delta_{max1} \leq \delta_{dov} \Rightarrow 70,0 \text{ mm} < 127,6 \text{ mm}$$

Vyhovuje

$$\delta_{max2} \leq \delta_{dov} \Rightarrow 121,6 \text{ mm} < 127,6 \text{ mm}$$

Vyhovuje

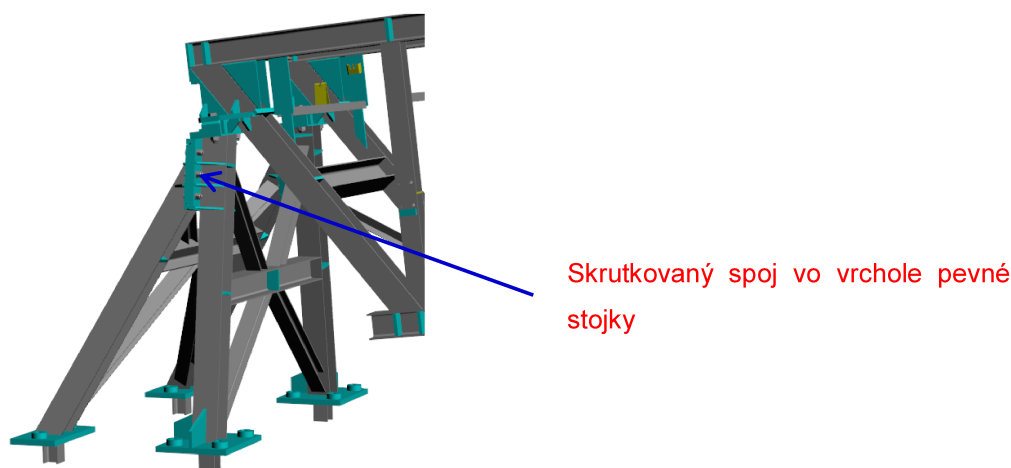
6 TECHNICKÁ SPRÁVA

6.1 Popis konštrukcie

Konštrukcia je zložená z troch základných celkov, ktoré sa skladajú z pevnej stojky podopierajúcej dolnú časť dopravníka, šikmého poľa, ktoré slúži pre transport materiálu a kyvnnej stojky podopierajúcej hornú časť dopravníkového mostu. U popisu konštrukcie som postupoval podľa technickej správy dodanej spoločnosťou Institut ocelových konštrukcií, spol. s.r.o..

6.1.1 Pevná stojka podopierajúca dolnú časť mostu

Pevná stojka podopierajúca dolnú časť mostu je navrhnutá z dvoch vzájomne opretých rovinných priehrad. Zvárané rovinné priehrady sú spojené vo vrchole stojky pomocou skrutkovaného spoja. V statickom modeli je predpokladaná výška stojky 1700 mm, šírku stojky 1200 mm a pozdĺžnu vzdialenosť kotvenia zvislej a šikmej časti stojky rovnú 2200 mm. Stojka staticky pôsobí ako pevný bod pre uloženie šikmého poľa mostu.



Obr. 33.: Schéma Pevnej stojky podopierajúca dolnú časť dopravníkového mostu [18]

6.1.2 Šikmé pole dopravníkového mostu

Šikmé pole dopravníkového mostu je navrhnuté ako priestorová priehradová konštrukcia. Most stúpa od dolnej podpory (stojka pôsobí ako pevný bod) pod uhlom 6° . Osová dĺžka mostu je 31300 mm, osová šírka mostu je 1200 mm. Výška dopravníka je 1700mm. Šikmé pole dopravníkového mostu je navrhnuté z 3 zváraných montážnych celkov. Montážne spoje

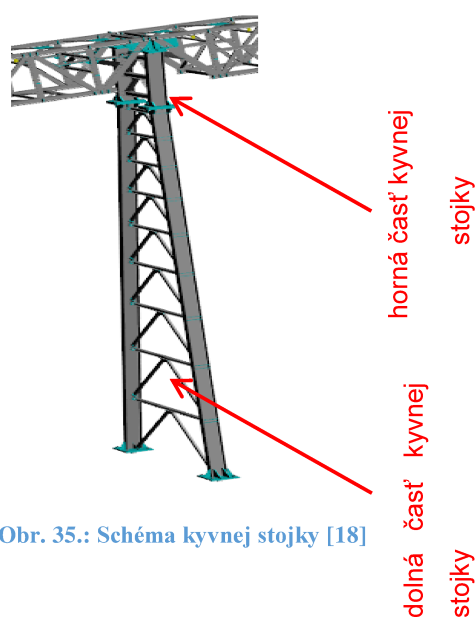
sú navrhnuté ako skrutkované pozdĺž zvislice. Pozdĺžne sily a ťahové sily v ložiskách mostu sú do podpier prenášané pomocou ložiskových skrutiek, priečne sily sú prenášané pomocou zarážky.



Obr. 34.: Schéma šikmého poľa dopravníkového mostu [18]

6.1.3 Kyvná stojka podopierajúca hornú časť mostu

Kyvná stojka podopierajúca hornú časť dopravníka je navrhnutá ako rovinná priehradová konštrukcia. Kyvná stojka je zložená z hornej časti, kde je konštantná vzdialenosť medzi pásmi a spodnej časti, kde je vzdialenosť medzi pásmi odstupňovaná. Osová vzdialenosť medzi pásmi hornej časti stojky je 1200 mm (odpovedá šírke dopravníka) a osová vzdialenosť v mieste kotvenia stojky je 4000 mm. Celková výška stojky je 17000 mm. Spoj hornej a dolnej časti stojky je navrhnutý ako skrutkovaný. Horná časť je navrhnutá ako celozváraná. Zvislice a diagonály, ktoré sú medzi pásmi dolnej časti stojky sú navrhnuté ako skrutkované.



Obr. 35.: Schéma kyvnej stojky [18]

6.2 Posúdenie

Všetky prvky boli posúdené na vnútorné sily získané z výstupov v programe Scia Engineering 2015 a posúdené podľa platných noriem [1] až [9].

6.3 Statické riešenie

Oceľový dopravník je namodelovaný ako priestorový prútový model v programe Scia Engineering 2015. Horné a dolné pásy na šikmom poli dopravníku boli namodelované v celku a pôsobia ako spojené nosníky. Diagonály, zvislice a prvky vystužujúce hornú a dolnú časť šikmého poľa sú modelované s kĺbmi na začiatku aj na konci prútu. Hlavné nosné prvky pevnej a kyvnej stojky v mieste základu majú umožnené natočenie. Založenie bolo riešené cez styčnickový plech a vopred zabetónované kotevné skrutky s kotviacou hlavou (návrh skrutky kap. 4.10). Podliate pod skyčnickový plech musí mať vyššiu pevnosť ako betón. Dokonalé votknutie pri takej výške kyvnej stojky by v návrhu predstavovalo ekonomicky náročné riešenie. Celková geometria konštrukcie zabraňuje natočeniu. Momentový spoj je navrhnutý v mieste napojenia pevnej stojky a šikmého poľa a v mieste napojenia konzoly na ktorej je umiestnená obslužná plošina. Prvky na konštrukcii sú navrhnuté prevažne z profilov IPE. Diagonály na šikmom poli sú z profilov CFRHS s výnimkou krajných. Vystuženie v mieste medzi hornými a dolnými pásmi šikmého poľa je tvorené z rovnoramenných L uholníkov. Zvislé prvky kyvnej stojky boli navrhnuté z HEB profilov. U modelu bolo zistené že k globálnemu vybočeniu konštrukcie dôjde až pri vlastnom čísle väčšom ako 10 preto je možné počítať lineárne. Deformácia konštrukcie nezmení výrazne vnútorné sily.

6.4 Stabilitné riešenie

Stabilitu pásov vo vodorovnom smere zaisťuje vystuženie z rovnoramenných L uholníkov v hornej a dolnej časti šikmého poľa. Vo zvislom smere zabraňujú vybočeniu pásov zvislice. Vzperné dĺžky vo vodorovnom aj zvislom smere pre horné pásy sú rovné vzdialenosti medzi zvislicami u dolného pásu vo zvislom smere je vzperná dĺžka rovná vzdialenosti zvislíc a vo vodorovnom smere je dvojnásobná. U výplňových prútoch šikmého poľa bola vzperná dĺžka konzervatívne rovná systémovým dĺžkam. U kyvnej stojky boli vzperné dĺžky v rovine rovné vzdialenosti výplňových prútov a z roviny bola vzperná dĺžka rovná systémovej dĺžke. U pevnej podpory boli vzperné dĺžky konzervatívne rovné systémovej dĺžke

6.5 Materiál

Všetky prvky dopravníka boli navrhnuté z jednej triedy oceli S235J0. Dĺžky prvkov môžeme vidieť na jednotlivých výkresoch v prílohe.

6.6 Zoznam použitých profilov

Pevná stojka	Profil	počet
Hlavné nosné prúty(ST):	IPE 140	4
Diagonály(KS):	IPE 100	6

Tabuľka 5.: Tabuľka pre orientáciu vo výkresoch pevnej stojky

Prvok	Označenie
Stĺp	ST2,ST3
Diagonály	KS

Kyvna stojka	Profil	počet
Hlavné zvislé nosné prvky(ST):	HEB 280	2
Diagonály(DS):	IPE 120	16
Vodorovné výstuhy(V):	IPE 120	12

Tabuľka 6.: Tabuľka pre orientáciu vo výkresoch kyvnej stojky

Prvok	Označenie
Stĺp	ST1
Diagonály	DS
Výstuhy	V

Šikmé pole dopravník	Profil	počet
Horné pásy(HP):	IPE 220	2
Dolné pásy(DP):	IPE 180	2
Diagonály 1(D):	CFRHS 80x60x5	44

Diagonály 2(D):	IPE 180	4
Diagonály 3(D):	IPE 100	4
Diagonály 4(D):	CFRHS 80x40x4	4
Výstuhy medzi HP(VS):	L60x60x6	54
Výstuhy medzi DP(ZS):	L60x60x6	22
Výstuhy medzi DP(ZV):	IPE 80	25
Zvislice(Z):	IPE 100	50
Výstuhy medzi Z(S):	CFRHS 80x40x4	26
Konzoly pod obs. plo.(K):	IPE 80	25
Výstuhy(KM):	IPE 80	2
Výstuhy medzi Z(Sx):	IPE 80	4

Tabuľka 7.: Tabuľka pre orientáciu vo výkresoch šikmého poľa

Prvok	Označenie
Horný pas	HP
Dolný pás	DP
Diagonála1	D1
Diagonála1	D2
Diagonála2	D3
Diagonála3	D4
Diagonála4	D5
Výstuhy medzi HP	VS
Výstuhy medzi Z	S
Výstuhy medzi DP	ZS
Výstuhy medzi DP	ZV
Zvislice	Z
Konzoly pod Obs. Plo.	K
Výstuhy	KM
Výstuhy medzi Z	SX

6.7 Celková hmotnosť dopravníka:

Celková hmotnosť dopravníka je približne 9500 Kg.

6.8 Cena dopravníka

Cena za profily použité pri výstavbe dopravníka je prerátaná na meter bežný. Pri výpočte som sa riadil cenníkom spoločnosti TRIMOT s.r.o, ktorý je dostupný na internetových stránkach [14].

Tabuľka 8.: Cenník profilov

Názov	Profil	Dĺžka[m]	Cena za bm	Počet KS	Cena[kč]	Celková cena	Cena na meter
HP	IPE 220	31,3	519,83	2	32541,36	153481,34	4903,56
DP	IPE 180	2,32	354,73	2	1645,95		
D	IPE 180	1,955	354,73	4	2773,99		
D	CFRHS 80x60x5	2,156	132,23	44	12543,87		
ST	HEB 280	17,065	1755,37	2	59910,78		
Z	IPE 100	1,7	148,76	50	12644,60		
D	IPE 100	1,955	148,76	4	1163,30		
VS	L60 x 60 x 6	1,67	109,35	54	9861,18		
ZS	L60 x 60 x 6	1,67	109,35	22	4017,52		
ZV	IPE 80	1,2	105,79	25	3173,70		
Sx	IPE 80	1,2	105,79	4	507,79		
KM	IPE 80	1,16	105,79	2	245,43		
V	IPE 120	1,2	197,52	12	2844,29		
DS	IPE 120	1,005	197,52	16	3176,12		
ST	IPE 140	5	231,4	2	2314,00		
D	CFRHS 80x40x5	2,156	144,71	4	1247,98		
K	IPE 80	0,5	105,79	25	1322,38		
KS	IPE 100	5,2	148,76	2	1547,10		

Cena za profily vyšla približne 153500 kč, ale do celkovej ceny stavby sa musí zaradiť práca (zváranie, natieranie), manipulácia a ďalšie veci pri zhotovovaní. Odhad celkovej ceny stavby je 50 kč za jeden kilogram. Celková cena dopravníka by sa mohla pohybovať okolo 475000 kč.

7 ZÁVER

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo na základe obdržaných materiálov od firmy Institut ocelových konštrukcií, spol. s r.o. vytvoriť čo najpresnejší model k už vyhotovenému dopravníku slúžiacemu na transport hlušiny odvalu Hermanice v Ostrave a jeho následné statické prepočítanie. Túto tému som si vybral hlavne preto, že konštrukcia je reálna a jej riešenie je spojené s praxou. V úvode práce prebehol výpočet zaťaženia a následne posúdenie najzaťaženejších prvkov a spojov na oceľovom dopravníku. Zaťaženie teplotou nebolo témou bakalárskej práce z toho dôvodu bolo zanedbané. Vypočítané zaťaženie bolo následné zadané do modelu v programe Scia Engineer 2015, z ktorého som dostal vnútorné sily na prvky. Dopravník je z ocele S235J0. Spoje boli z veľkej časti navrhnuté ako zvárané. Všetky posudzované prvky (kap.3) a spoje (kap.4) vyhoveli na podmienky únosnosti podľa platných noriem ČSN EN. Dopravník bol posúdený aj na MSÚ, na ktorý taktiež vyhoveli (kap. 5). Jedným z bodov bakalárskej práce bolo vyhotovenie technickej správy v ktorej som popisoval jednotlivé časti dopravníka, jeho stabilitné riešenie a bola vypočítaná predbežná cena za profily a celková cena dopravníka. Súčasťou technickej správy je aj popísanie a počty použitých profilov.

POĎAKOVANIE

Ďakujem doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D. vedúcemu bakalárskej práce za jeho odbornú pomoc a čas venovaný pri konzultáciách na danú problematiku.

Ďakujem Ing. David Mikolášek, Ph.D. za jeho pomoc pri tvorení 3D modelu dopravníka v programe Scia Engineer 2015.

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1.: Pohľad na triediacu linku Hermanice [19].....	13
Obr. 2.: Situácia triediacej linky [18].....	13
Obr. 3.: Zaťaženie od obslužnej plošiny.....	15
Obr. 4.: Zaťaženie od gravitačného napínania.....	16
Obr. 5.: Zaťaženie od horných valčekov.....	17
Obr. 6.: Zaťaženie od dolných valčekov.....	18
Obr. 7.: Zaťaženie od vybavenia dopravníka.....	19
Obr. 8.: Zaťaženie od hlušiny.....	19
Obr. 9.: Užité zaťaženie od plošiny	20
Obr. 10.: Zaťaženie snehom.....	21
Obr. 11.: Časť veternej mapy Českej republiky.....	22
Obr. 12.: Vyznačenie referenčnej plochy šikmého poľa.....	25
Obr. 13.: Vyznačenie referenčnej plochy kyvnej stojky.....	25
Obr. 14.: Smerné hodnoty súčiniteľa koncového efektu Ψ_{λ} ako funkcia súčiniteľa plnosti v závislosti na štihlosti λ [4]	26
Obr. 15.: Súčiniteľ sily $c_{f,0}$ pre priestorovú priehradovú konštrukciu z uholníkových prútov ako funkcia súčiniteľa plnosti φ (v červenom rámečku je vystihnutá geometria dopravníka a pôsobenie vetru) [4].....	26
Obr. 16.: Súčiniteľ sily $c_{f,0}$ pre rovinnú priehradovú konštrukciu z uholníkových prútov ako funkcia súčiniteľa plnosti φ [4].....	27
Obr. 17.: Zaťaženie vetrom (pozdĺžny smer).....	30
Obr. 18.: Zaťaženie vetrom (kolmý smer).....	30
Obr. 19.: Veľkosť ťahovej normálovej sily N pôsobiacej na dolný pás šikmého poľa dopravníka.....	31

Obr. 20.: Veľkosť tlakovej normálovej sily N pôsobiacej na horný pás šikmého poľa dopravníka.....	33
Obr. 21.: Príslušný ohybový moment M_y	37
Obr. 22.: Veľkosť momentu M_y pôsobiaceho na zvislý prvok kyvnej stojky.....	40
Obr. 23.: Veľkosti pôsobiacich síl.....	40
Obr. 24.: Maximálny ohybový moment na konzole.....	42
Obr. 25.: Maximálna posúvajúca sila.....	43
Obr. 26.: Schéma spoja horného pásu a kyvnej stojky.....	49
Obr. 27.: Pohľad na spoj kyvnej stojky a horného pásu z 3D modelu [18].....	49
Obr. 28.: Schéma napojenia 2 častí kyvnej stojky.....	52
Obr. 29.: Schéma skrutkovaného spoja.....	56
Obr. 30.: Schéma kotvenia kyvnej stojky.....	58
Obr. 31.: Maximálny zvislý priehyb od všetkých zaťažení.....	64
Obr. 32.: Maximálny vodorovný posun od všetkých zaťažení.....	64
Obr. 33.: Schéma Pevnej stojky podopierajúca dolnú časť dopravníkového mostu.....	66
Obr. 34.: Schéma šikmého poľa dopravníkového mostu.....	67
Obr. 35.: Schéma kyvnej stojky.....	67

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1.: Posúdenie na ťah.....	32
Tabuľka 2.: Rozhodujúce kombinácie.....	32
Tabuľka 3.: Posúdenie na tlak.....	36
Tabuľka 4.: Rozhodujúce kombinácie.....	36
Tabuľka 5.: Tabuľka pre orientáciu vo výkresoch pevnej stojky.....	69
Tabuľka 6.: Tabuľka pre orientáciu vo výkresoch kyvnej stojky.....	69
Tabuľka 7.: Tabuľka pre orientáciu vo výkresoch šikmého poľa.....	70

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

Zoznam použitých noriem

- [1] ČSN EN 1990 ed.2 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. UNMZ, 2011 (včetně změn a oprav).
- [2] ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. ČNI, 2004 (včetně změn a oprav).
- [3] ČSN EN 1991-1-3 ed. 2 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Zatížení sněhem*. Praha, ÚNMZ, 2013 (včetně změn a oprav).
- [4] ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. ČNI, 2007 (včetně změn a oprav).
- [5] ČSN EN 1991-1-5 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*. ČNI, 2005 (včetně změn a oprav).
- [6] ČSN EN 1993-1-1 ed. 2 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha, ÚNMZ, 2011 (včetně změn a oprav).
- [7] ČSN EN 1993-1-3 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-3: Obecná pravidla - Doplnující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily*. ČNI, 2008.
- [8] ČSN EN 1993-1-8 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. ČNI, 2006 (včetně změn a oprav)
- [9] ČSN EN 1090-2 +A1 *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*. ČNI 2012.

Odborná literatura

- [10] Macháček, J. et al.: *Navrhování ocelových konstrukcí Příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 193-1-8. Navrhování hliníkových konstrukcí - Příručka k ČSN EN 1991-1*. ČKAIT, 2009. ISBN 978-80-87093-86-3.
- [11] Marek, P. et al.: *Kovové konstrukce pozemních staveb*, SNTL, 1985.
- [12] *Ocelové a dřevěné konstrukce – Navrhování podle evropských norem*, publikace vydaná ke stejnojmennému školení, ČVUT, Praha, 2006. ISBN 80-01-03545-X
- [13] *Ocelové a dřevěné konstrukce – řešené příklady*, publikace vydaná ke stejnojmennému školení, ČVUT, Praha, 2009. ISBN 978-80-01-04398-1
- [14] *Navrhování ocelových a dřevěných konstrukcí podle evropských norem*, publikace vydaná ke stejnojmennému školení, ČVUT, Praha, 2007. ISBN 978-80-01-03887-1

Internetové zdroje

[15] Odkaz na internetové stránky Ing. Víta Krivého, Ph.D.:

<http://fast10.vsb.cz/krivy>

[16] Odkaz na internetové stránky Ing. Miroslava Rosmanita, Ph.D.:

<http://homel.vsb.cz/~ros11/>

[17] Odkaz na internetové stránky spoločnosti TRIMAK s.r.o.:

www.kari-site-roxory.cz

[18] Odkaz na internetové stránky spoločnosti Institut ocelových kontrukcií, spol. s.r.o.:

<http://www.iok.cz/>

[19] Odkaz na internetové stránky Moravskoslezsky denník:

<http://moravskoslezsky.denik.cz/>

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha 1: Kľuč kombinácii

Príloha 2: Prvky posúdené na ťah

Príloha 3: Prvky posúdené na tlak

Výkresová dokumentácia

1. Šikmé pole dopravníka
2. Pevná a kyvná stojka
3. Detail B,C

Použitý programový software

Scia Engineer 2015 Výpočtový software pre statické výpočty

Autocad 2015 Grafický program pre kreslenie projektovej dokumentácie

MS Excel 2010 Tabuľkový procesor

MS Word 2010 Textový editor

PRÍLOHA 1: Kľúč kombinácií

Názov	Popis kombinácií
1	vlastná hmotnosť*1,00 +stále od plošiny *1,00 +viator kolmo 2*1,50 +valceky hore*1,00 +ďalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00
2	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +viator kolmo 2*1,50 +sneh*0,75 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15
3	vlastná hmotnosť*1,00 +stále od plošiny *1,00 +vierot kolmo 1*1,50 +valceky hore*1,00 +ďalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00
4	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +vierot kolmo 1*1,50 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh1*0,75
5	vlastná hmotnosť*1,00 +stále od plošiny *1,00 +viator kolmo 2*1,50 +valceky hore*1,00 +ďalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +hlusina*0,75 +grav. napínanie*1,00
6	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +viator kolmo 2*0,90 +sneh*1,50 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15
7	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +vierot kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh1*1,50
8	vlastná hmotnosť*1,00 +stále od plošiny *1,00 +viator kolmo 2*1,50 +valceky hore*1,00 +ďalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh2*0,75
9	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +vierot kolmo 1*0,90 +sneh*1,50 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15
10	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +užitne na plošine*1,50
11	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +viator kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh2*1,50
12	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +viator kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh1*1,50
13	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +sneh*1,50 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +pozdlzne b*0,90
14	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +viator kolmo 2*1,50 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh1*0,75
15	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +vierot kolmo 1*1,50 +sneh*0,75 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15
16	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +viator kolmo 2*1,50 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh2*0,75
17	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +vierot kolmo 1*1,50 +valceky hore*1,15 +ďalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15

17	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +vierot kolmo 1*1,50 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15
18	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +vierot kolmo 2*1,50 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +hlusina*0,75 +grav. napínanie*1,15
19	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +vierot kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35 +sneh1*0,75
20	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +sneh*0,75 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +pozdizne b*1,50
21	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +pozdizne a*1,50 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00
22	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +vierot kolmo 1*0,90 +sneh*0,75 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35
23	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vierot kolmo 1*1,50 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh1*0,75
24	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +pozdizne b*1,50
25	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +pozdizne a*1,50 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh2*0,75
26	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +vierot kolmo 2*0,90 +sneh*0,75 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35
27	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +pozdizne a*1,50 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh1*0,75
28	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +pozdizne b*1,50 +sneh2*0,75
29	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +pozdizne b*0,90 +sneh1*1,50
30	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +pozdizne a*1,50 +sneh*0,75 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15
31	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vierot kolmo 2*1,50 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh1*0,75
32	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +vierot kolmo 1*1,50 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh2*0,75
33	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +pozdizne a*0,90 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh2*1,50
34	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vierot kolmo 1*1,50 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00

Názov	Popis kombinácií
	+valceky dole*1,00 +hlusina*0,75 +grav. napínanie*1,00
35	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +vierať kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh2*1,50
36	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vierať kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh1*1,50
37	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vierať kolmo 1*1,50 +sneh*0,75 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00
38	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +pozdĺžne a*0,90 +sneh*1,50 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15
39	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +pozdĺžne a*0,90 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh2*1,50
40	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +pozdĺžne b*1,50 +sneh2*0,75
41	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vierať kolmo 1*1,50 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh2*0,75
42	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vierať kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +hlusina*1,50 +grav. napínanie*1,00
43	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +vierať kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +hlusina*1,50 +grav. napínanie*1,15
44	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +pozdĺžne b*1,50 +sneh1*0,75
45	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +pozdĺžne b*1,50 +sneh1*0,75
46	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +vierať kolmo 2*1,50 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15
47	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +vierať kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35 +sneh2*0,75
48	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +pozdĺžne a*1,50 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh1*0,75
49	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vierať kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh2*1,50

50	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vierot kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh1*1,50
51	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vietor kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +hlusina*1,50 +grav. napínanie*1,00
52	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +vierot kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +hlusina*1,50 +grav. napínanie*1,15
53	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +vierot kolmo 1*1,50 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +hlusina*0,75 +grav. napínanie*1,15
54	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +pozdĺzne b*0,90 +sneh2*1,50
55	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +vierot kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +hlusina*0,75 +grav. napínanie*1,35
56	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35 +užitne na plošine*1,05
57	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vietor kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh2*1,50
58	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +pozdĺzne a*0,90 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +sneh1*1,50
59	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +pozdĺzne a*0,90 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh1*1,50
60	vlastná hmotnosť*1,00 +stale od plošiny *1,00 +vietor kolmo 2*1,50 +sneh*0,75 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00
61	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +vietor kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35
62	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +vierot kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35
63	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +vietor kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35 +sneh1*0,75
64	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +vierot kolmo 1*0,90 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35 +sneh2*0,75
65	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35 +pozdĺzne b*0,90
66	vlastná hmotnosť*1,15 +stale od plošiny *1,15 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15 +pozdĺzne b*1,50
67	vlastná hmotnosť*1,35 +stale od plošiny *1,35 +pozdĺzne a*0,90 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35 +sneh2*0,75

68	vlastná hmotnosť*1,00 +stále od plošiny *1,00 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +pozdĺzne b*0,90 +sneh2*1,50
69	vlastná hmotnosť*1,00 +stále od plošiny *1,00 +pozdĺzne a*1,50 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +sneh2*0,75
70	vlastná hmotnosť*1,15 +stále od plošiny *1,15 +pozdĺzne a*1,50 +valceky hore*1,15 +dalsie drobné zatazenia*1,15 +valceky dole*1,15 +grav. napínanie*1,15
71	vlastná hmotnosť*1,00 +stále od plošiny *1,00 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +pozdĺzne b*0,90 +sneh1*1,50
72	vlastná hmotnosť*1,35 +stále od plošiny *1,35 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35 +pozdĺzne b*0,90 +sneh2*0,75



Názov	Popis kombinácií
73	vlastná hmotnosť*1,35 +stále od plošiny *1,35 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +grav. napínanie*1,35 +pozdĺzne b*0,90 +sneh1*0,75
74	vlastná hmotnosť*1,35 +stále od plošiny *1,35 +vieter kolmo 2*0,90 +valceky hore*1,35 +dalsie drobné zatazenia*1,35 +valceky dole*1,35 +hlusina*0,75 +grav. napínanie*1,35
75	vlastná hmotnosť*1,00 +stále od plošiny *1,00 +valceky hore*1,00 +dalsie drobné zatazenia*1,00 +valceky dole*1,00 +grav. napínanie*1,00 +užitne na plošine*1,50

PRÍLOHA 2: PRVKY POSÚDENÉ NA ŤAH

Označenie	$N_{Ed}[\text{kN}]$	Profil	$A[\text{mm}^2]$	$N_{t,Rd}[\text{kN}]$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
HP1	159,31	IPE 220	3337,05	784,21	0,20
DP1	417,57	IPE 180	2394,73	562,76	0,74
D1	122,55	IPE 180	2394,73	562,76	0,22
D30	102,56	CFRHS 80x60x5	1236,00	290,46	0,35
ST1	116,64	HEB 280	13136,44	3087,06	0,04
Z23	26,46	IPE 100	1032,32	242,60	0,11
D56	0,08	IPE 100	1032,32	242,60	0,00
VS46	32,64	L60 x 60 x 6	691,00	162,39	0,20
ZS8	46,56	L60 x 60 x 6	691,00	162,39	0,29
ZV13	6,90	IPE 80	764,34	179,62	0,04
S10	5,75	CFRHS 80x40x4	855,00	200,93	0,03
KM1	0,13	IPE 80	764,34	179,62	0,00
V9	59,19	IPE 120	1321,02	310,44	0,19
DS16	93,66	IPE 120	1321,02	310,44	0,30
ST3	129,32	IPE 140	1642,60196	386,01	0,34

PRÍLOHA 3: PRVKY POSÚDENÉ NA TLAK

Prvky v rovine y

Názov	Profil	L v rovine y [mm]	Součinitel vzperu	L_{cr} [mm]	I_y [mm ⁴]	A[mm ²]	N_{Ed} [kN]
HP	IPE 220	1160	1	1160	27718364,68	3337,05	559,24
DP	IPE 180	2320	1	2320	13169581,74	2394,73	23,33
D	IPE 180	1955	1	1955	13169581,74	2394,73	16,67
D	CFRHS 80x60x5	2156	1	2156	1033000,00	1236,00	110,40
ST	HEB 280	2260	1	2260	192702524,58	13136,44	306,33
Z	IPE 100	1700	1	1700	1710119,39	1032,32	13,41
D	IPE 100	1955	1	1955	1710119,39	1032,32	14,64
VS	L60 x 60 x 6	1670	1	1670	227900,00	691,00	35,65
ZS	L60 x 60 x 6	1670	1	1670	227900,00	691,00	42,86
ZV	IPE 80	1200	1	1200	801376,14	764,34	16,93
Sx	IPE 80	1200	1	1200	801376,14	764,34	2,30
KM	IPE 80	1160	1	1160	801376,14	764,34	0,15
V	IPE 120	1200	1	1200	3177531,49	1321,02	69,30
DS	IPE 120	1005	1	1005	3177531,49	1321,02	94,05
ST	IPE 140	1700	1	1700	5412237,48	13136,44	128,15
Názov	λ	ϕ	N_{cr} [kN]	λ	χ	$N_{b,Rd}$ [kN]	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
HP	0,14	0,50	42694,38	162,84	1,013988998	795,18	0,70
DP	0,33	0,57	5071,25	66,25	0,969624942	545,67	0,04
D	0,28	0,55	7141,63	78,62	0,981959996	552,61	0,03
D	0,79	0,88	460,60	27,79	0,799050315	232,09	0,48
ST	0,20	0,52	78196,91	111,07	1,00028629	3087,95	0,10
Z	0,44	0,62	1226,44	49,62	0,94060401	228,19	0,06
D	0,51	0,66	927,37	43,15	0,920676038	223,35	0,07
VS	0,98	1,06	169,37	22,54	0,680129264	110,44	0,32
ZS	0,98	1,06	169,37	22,54	0,680129264	110,44	0,39
ZV	0,39	0,60	1153,43	55,93	0,954195267	171,39	0,10
Sx	0,39	0,60	1153,43	55,93	0,954195267	171,39	0,01
KM	0,38	0,59	1234,35	57,85	0,957599201	172,00	0,00
V	0,26	0,54	4573,48	84,71	0,986558437	306,27	0,23
DS	0,22	0,53	6520,44	101,14	0,996004232	309,20	0,30
ST	0,89	0,97	3881,49	24,75	0,739307249	2282,29	0,06

Prvky v rovine z

Názov	Profil	L v rovine z [mm]	Součinitel vzperu	L_{cr} [mm]	I_z [mm ⁴]	A[mm ²]	N _{Ed} [kN]
HP	IPE 220	1160	1	1160	2048858,27	3337,05	559,24
DP	IPE 180	2320	1	2320	1008503,10	2394,73	23,33
D	IPE 180	1955	1	1955	656600,00	2394,73	16,67
D	CFRHS 80x60x5	2156	1	2156	656600,00	1236,00	110,40
ST	HEB 280	17000	1	17000	65945168,41	13136,44	306,33
Z	IPE 100	1700	1	1700	159186,45	1032,32	13,41
D	IPE 100	2156	1	2156	159186,45	1032,32	14,64
VS	L60 x 60 x 6	1670	1	1670	227900,00	691,00	35,65
ZS	L60 x 60 x 6	1200	1	1200	227900,00	691,00	42,86
ZV	IPE 80	1200	1	1200	84890,21	764,34	16,93
Sx	IPE 80	1200	1	1200	84890,21	764,34	2,30
KM	IPE 80	1200	1	1200	84890,21	764,34	0,15
V	IPE 120	1200	1	1200	276681,48	1321,02	69,30
DS	IPE 120	1005	1	1005	276681,48	1321,02	94,05
ST	IPE 140	1700	1	1700	449177,74	13136,44	128,15
Názov	λ	ϕ	N _{cr} [kN]	λ	χ	N _{b,Rd} [kN]	N _{Ed} /N _{b,Rd}
HP	0,50	0,66	3155,84	44,27	0,924740167	725,19	0,77
DP	1,20	1,33	388,35	18,33	0,527606704	296,92	0,08
D	1,26	1,40	356,06	17,55	0,495013565	278,57	0,06
D	1,00	1,08	292,77	22,16	0,668361836	194,13	0,57
ST	2,55	4,01	472,94	8,64	0,140786104	434,62	0,70
Z	1,46	1,69	114,16	15,14	0,39084282	94,82	0,14
D	1,85	2,38	70,98	11,94	0,257456322	62,46	0,23
VS	0,98	1,06	169,37	22,54	0,680129264	110,44	0,32
ZS	0,70	0,80	328,02	31,37	0,846045707	137,39	0,31
ZV	1,21	1,34	122,18	18,20	0,522178868	93,79	0,18
Sx	1,21	1,34	122,18	18,20	0,522178868	93,79	0,02
KM	1,21	1,34	122,18	18,20	0,522178868	93,79	0,00
V	0,88	0,96	398,23	25,00	0,745083153	231,30	0,30
DS	0,74	0,83	567,76	29,85	0,828439474	257,18	0,37
ST	3,10	5,60	322,14	7,13	0,097495507	300,97	0,43